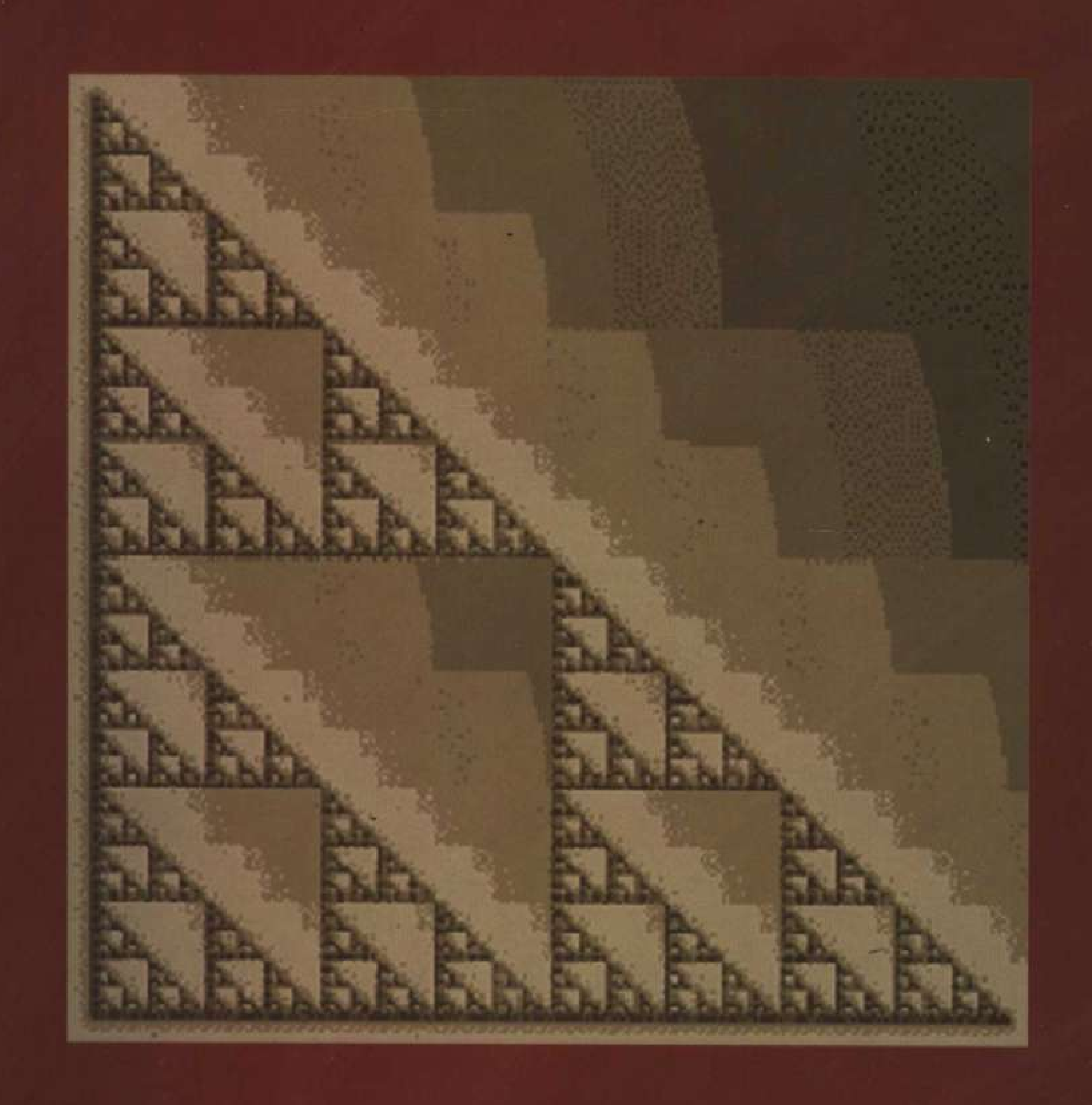
Similarity Theory and Paradox Study

相似论与悖论研究

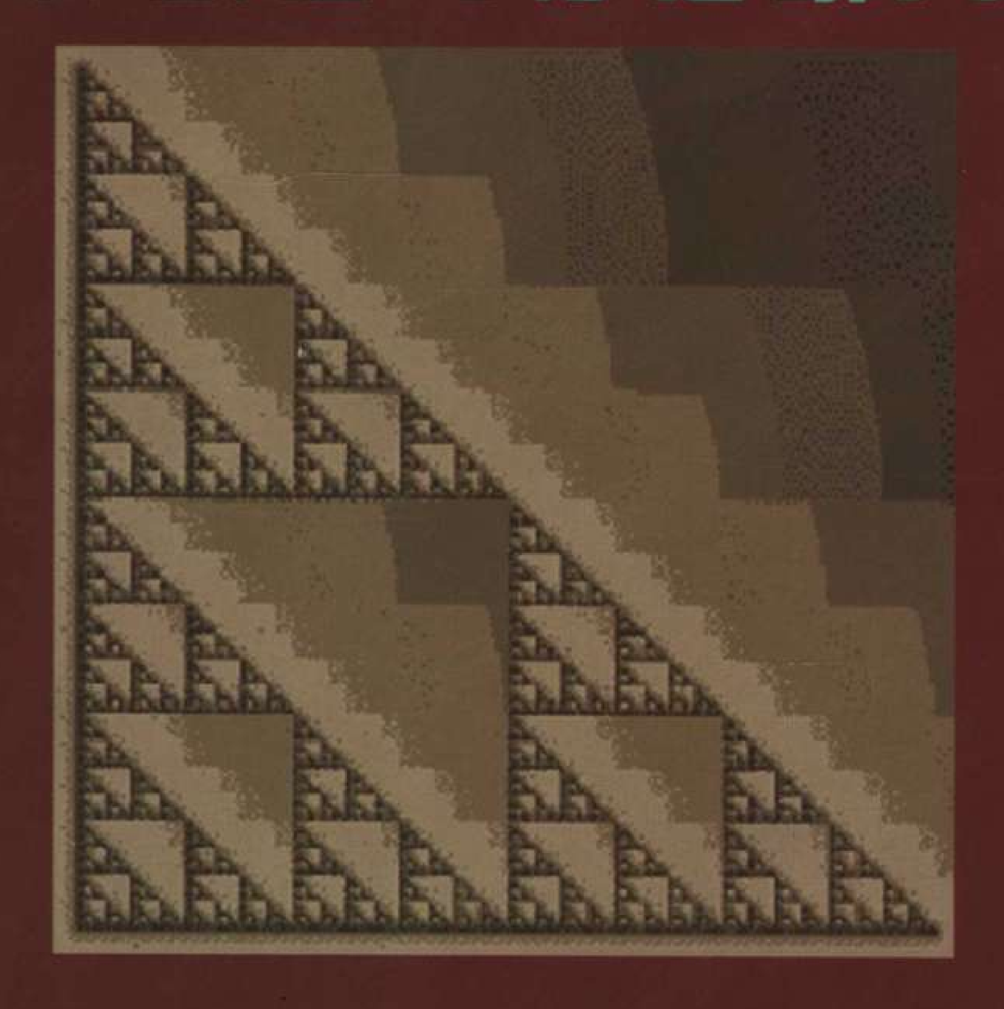
张光鉴　张铁声／著



香港天马图书有限公司

Similarity Theory and Paradox Study

相似论与悖论研究





ISBN 962-450-701-5/D·45542
定价:港　币 28 元
人民币 28 元

相似论与悖论研究

张光鉴　张铁声　著

香港天马图书有限公司

相似論與悖論研究

著　　者：張光鑒　張鐵聲
出版發行：天馬圖書有限公司
香港上水新成路一百二十三號三樓
電話：二六七〇六六三三
傳真：二六七〇一三八二
定　　價：港　幣二十八元
人民幣二十八元
二〇〇三年八月初版·香港

ISBN 962－450－701－5/D·45542

目　　录

相似论篇

悖论研究篇

附录:

1 相似论

——探讨相似在科学技术和思维发展过程中的作用与规律

“相似论”用辩证唯物主义的观点对客观世界中大量存在的相似现象和原理进行探讨，并从这个角度来研究客观事物和人们思维发展过程中有关的课题，以求提高人们对科学技术工作的认识水平。相似问题属于思维科学的范畴，著名科学家钱学森在“系统科学、思维科学和人体科学”[1]一文中提出要建立“思维科学”，大家都可以来讨论和加入这个行列，做些探索工作。

客观世界发展过程中的相似现象(同与变异)经常会反映到人们的大脑中来。所以人们总是在自觉或不自觉地按相似的规律不断地去认识世界和改造世界，这已经由人们生活和工作中大量的事例及科学发展史所证明了。总结人们的这些有成效的活动，探索客体和主体发展过程中的这些相似现象之间的内在联系和基本规律，无疑能够增强对事物发展方向的预见性，使我们少走弯路。

相似问题的提出

在自然界中，大至宇宙星系之间，小至每个原子运动的形式都存在着大量的相似之处。在我们周围的植物中，高至参天的松柏小至原始的藻类，都存在着相似的叶绿素。在动物中，从精明强干

的人类直到低等的软体动物大都存在着赖以生存的血红素。而叶绿素和血红素都是和空气中的二氧化碳与氧起作用,都是由此成为植物、动物的能源供应者。这一系列的相似关系都是一种巧合吗？都没有规律可遵循吗？英国的科学家戴维·开林想了很多年之后终于在1961年为彼得·米切尔证明:动物的线粒体呼吸链和叶绿体非环状光合氧化还原链的化学原理是基本相似的[2],并因而获得1978年诺贝尔化学奖。现代化学还进一步证明,叶绿素和血红素的化学结构也是相似的,都是卟啉络合物。叶绿素是卟啉结合了镁元素,而血红素是卟啉结合了铁元素。所以,客观世界中看来风马牛不相及的东西却深刻地存在着相似的特性。因为人和植物都是由共同的祖先——核前生物体变异来的。

人类科技发展史和社会发展史都如同史学家惊叹的那样,“呈现着惊人的相似”。大多数的民族都不约而同地经过了石器时代、陶器时代、铜器时代、铁器时代。社会都经过了原始部落社会、奴隶社会、封建社会,到资本主义社会。不但宏观的过程和结构是这样相似,就连很多伟大的发现创造过程也是那样惊人地相似。爱迪生和法拉第都受过百科全书的启发成了伟大的发明家,法拉第受到老师戴维把化学能变成电能,又把电能转化为化学能的可逆过程的启发,立志也要把已有的由电生磁现象逆转为由磁生电,经过了9年的努力,终于实现了这个有历史意义的实验。还有些伟大的发现有时甚至是在不同的地方同时出现:达尔文与华莱士同时发现了生物的进化现象;牛顿和莱布尼兹同时发现了微分方法。而人们又利用生物的进化原理,去对天体演化、社会进步,以至微观物质演变进行了各种相似的推论,获得了很多伟大的成就。微积分的出现导致变量进入数学中,恩格斯认为这是数学由低级到高级发展的一个标志,由此发展出一系列全新的数学分支来。在技术应用上,人们由蒸汽推动汽盖运动而产生相似联想,发明了蒸汽机。人们又把蒸汽机装在车上出现了火车,装在船上出现了轮

船，装在纺织机上出现了自动纺织机，装在动力厂发出了强大的动力，使生产力为之飞跃前进，从而出现了人类文明史上一次最有意义的产业革命运动。这些都可以归于人们利用相似原理进行思维的结果。尔后，又把蒸汽机发展为内燃机和喷气涡轮发动机。这是相似中的优化运动。

由于各种科学技术各自发展的差异，在 19 世纪到 20 世纪初，出现了物理学、化学、生物学、天文学、遗传学、医学等学科表面上好像各不相干的大发展，但它们内部却还是存在着潜在的相似因素。果然，到 20 世纪 80 年代，各种学科不知不觉地在还原原则的指导下，殊途同归于量子学，如量子物理学、量子化学、量子生物学、量子遗传工程学、量子声学、射电天文学。这都是共同去研究核外电子运动的相似规律而取得进展的。目前又进入了“量子阶梯”的阶段了。

此外，科学研究中普遍应用的一些方法，如类比、模型、模拟等都是依赖人们头脑中贮存的相似现象与过程为基础的。否则和谁去类比，同谁模拟，以什么为实体来做模型呢？从这方面看来，相似现象和规律又能提供建立类比、模型、模拟工作中的物理模式。

再从文学、艺术上来看，文学中强调的典型，修辞中强调的譬喻、摹状、对偶、排比等，绘画中强调的神似和形似，音乐中强调的重复、再现，诗歌和戏曲中强调的音韵、曲调、格式等，都离不开相似这个核心，都离不开人们已有的相似习惯。客观对象只有和大脑中已有的概念和存贮的信息即“相似块”相互和谐共鸣才能产生美的感受。否则，人们就会无动于衷，文艺也便失去其作用了。因此，“相似论”既是认识论和方法论，也是思维学的一个部分。以上这些就是研究相似问题提出的根据和想法。

相似的定义和原理

客观事物发展过程中，都存在着同和变异，因为只有同才能有

所继承，只有变异，事物才能往前发展。所以相似不等于相同，相似就是客观事物存在的同与变异矛盾的统一。变异就是事物发展过程和运动过程中的差异。相似现象就是客观世界物质的基本粒子在统一场作用下运动的一种和谐、协调而又互相适应的一个组合形式。世界上几十亿人口中没有相同的指纹，成千上万的树叶中也不会有两片绝对相同的叶片。就是一个氢原子中的电子运动的轨道亦也不尽相同，而呈现着五条谱线，红氢、黄氢、绿氢及二条紫氢等。我们知道物质都是由稳态的电子、中子、质子所组成，所以物质有同的一面。但由于排列组合不同和以上所说原因，物质在发展过程中必然出现变异的一面。元素周期表告诉我们，电子、质子、中子的不同排列组合就是元素本质不同属性的由来。微观结构越相近，宏观物理、化学属性越相似。钾、钠、钙、镁是化学性质较活泼相似的一类，金、银、铜、铁是导体相似的一类，而硅、锗、硒、铟是半导体相似的一类，所以事物的不同排列组合在一定的条件下就是质变的重要原因。

为了研究方便，我们可以把相似现象分成纵向和横向两种形式。自然界中，在一定的理论基础范围内，常常由于内部物理、化学联系中的相似关系而自成一个系统，人们对这一个系统的研究又会独立为一个学科，这些我们都可以称为纵向相似系列。而跨行、跨业、跨学科形成的那些相互联系、相互作用的相似关系，我们称为横向相似系列。在相似性方面还可分为功能相似、结构相似、动力相似、几何相似，这样在设计新产品中就便于革新和移植。

人们在学习和实践活动中积累起来而贮存在大脑中的知识单元我们称为“相似块”，人们在对外界认识过程中常常要依赖它的存在。人们大脑中存贮的相似块不是静止的，它一方面和感觉器官输入的信息相互联系、相互作用，又能和其它“相似块”相互作用、相互联系，就如频谱分析仪中的相干、相关作用一样，也会结成一个新的相干、相关的新的“相似块”来。这些新的“相似块”的组

合，就是形象思维中经常出现的想象、直感的基础。在一定的基础和条件下得出的相似规律只适应一定的范畴，不能随意推而广之。然而人们恰巧经常不注意这个规律而犯错误。牛顿规范只适用于宏观低速运动，牛顿原来以为三大定律加上万有引力就能解决物质运动的所有规律，其实不然。而欧姆定律只适用于一定的温度范围，温度低于某一数值时，一些材料就变为超导，也就没有电阻了。同样，任何地方所得出的相似经验和规律，也要在相似的条件和环境下，才能得到相似的结果，不能一刀切和生搬硬套。辩证唯物主义为什么是正确的呢？它的特点就是，不但总结了自然界和社会中规律的规律，还承认自己要不断地前进、发展，不断地用科学成就来逐步完善和丰富自己的认识。

研究相似的意义

(一)因为相似现象大量存在于客观事物和认识主体思维活动中，这种普遍现象后面一定反映着本质和规律。我们研究它就能够从这里入手，去探索客观世界和思维发展过程中必须遵循的一些基本规律。处在科学技术突飞猛进、"知识爆炸"日新月异的今天，研究事物异中之同，才能使千头万绪现象变得简明、清晰；研究事物同中之异，才能使我们看到事物间那种关系的多样性、灵活性，使我们头脑不至僵化，并深刻体会到今天科学前进中的相互渗透、相互组合的重要性。

(二)通过这方面的研究，向思维科学提供一些线索和规律。

(三)也是想要回答目前科学争论的一个问题：科学研究究竟沿着什么样的规律发展、前进。目前世界上对库恩、波普、拉卡托斯、费耶阿本德等人的观点讨论很热烈，在马克思主义哲学观点的指导下，我们认为相似论可以解释一些科学是沿着什么规律发展而来的具体道理，从相似这个侧面来看待科学技术是如何发展进步的。

（四）研究事物的相似运动规律中同与变异的根本原理，在工作上思想上更自觉地应用这些规律的原理，就能提高我们的预见性、创造性，少走弯路，起到事半功倍的作用。

（五）研究相似中的同与变异，就会逐步熟悉唯物辩证法。数学家张广厚引证恩格斯的话，“在涉及概念的地方，辩证的思维至少可以和数学计算一样的得到有效的结果”[3]。他指出，辩证思维是他工作中得到成果的根本原因。著名科学家钱学森特别强调科学工作者要重视辩证唯物主义的研究，它可以增进自己的才干，提高工作中的自觉性和目的性。

相似现象中的关系和规律

什么是规律呢？列宁说：“规律和本质是表示对现象、对世界等认识深化的同一类的（同一序列的）概念”。[4]列宁又说：“类概念是‘自然的本质’，是规律。”[5]所以，只有研究同一类、同一序列的相似现象和本质的过程，才容易找到事物本身的规律。我们这里仅提出以下相似关系和规律。

三个关系

（一）相似现象和本质的关系

毛主席告诉我们：“我们看事情必须要看它的实质，而把它的现象只看作入门的向导，一进了门就抓住它的实质，这才是可靠的科学的分析方法。”[14]因为事物的本质和实质，就是事物的内部较稳定的联系。现象乃是事物本质的某个侧面的表现，就是假象也是本质的反映。所以列宁说：“假象＝本质的否定的本性。”[6]所以，通过事物的现象去认识本质是很重要的事情。伯乐之识千里马，农民之识“快牛”与“慢牛”，运动员之选型，都是认识了相似的现象反映着相似的本质。所以，我们研究相似现象，认识它的本质，同样离不开这些规律。但我们科技工作者如何才能认识自然界中更多的相似现象后面的本质呢？我们应从事物的两个主要关

系去认识和掌握它的本质。一个是从动态和静态相似中去认识，一个是从宏观相似与微观结构相似来认识。化学、物理学长期处于“唯象论阶段”[7]，这是它们发展停滞的原因。我们要研究事物广泛的微观结构才能了解本质，才能知其所以然，才能逐步过渡到自觉阶段。

(二)静态相似和动态相似的关系

恩格斯说;“自然科学的对象是运动着的物质、物体。物体和运动是不可分的，各种物体的形式和种类只有在运动中才能认识，离开运动，离开同其它物体的一切关系，就谈不到物体。物体只有在运动中才显示它是什么。因此，自然科学只有在物体的相互关系中，在物体的运动中观察物体，才能认识物体。对运动的各种形式的认识，就是对物体的认识。”[8]这句话对我们研究自然科学的人来说，有很重要的指导意义。同样，我们研究相似事物在静态与动态的关系中必须更重视动态，即从事物运动中和运动相互关系中去考察，才能认识事物的特点和本质。高能物理学，是从粒子高速碰撞中出现的新粒子轨迹形态中去认识新粒子是什么的。又比如自行车在静止时会倒，所以人们当初设计时后轮旁又加两个小轮子把它撑住，但在运动中，由于转动产生了转动惯性，就相似于陀螺运动中产生了轴向均衡力使自行车不倒了。两旁小轮不但没有作用，反而使其转弯不灵，于是便把它取消而变成了今天的这个样子。汽车转弯时后轮齿包的差速器主要是考虑到汽车在高速运动中也会产生相似的轴向惯性的，只有前轮变方向是不行的。又如英国彗星式喷气客机在太平洋上空转弯时折断了机翼，就是没有研究金属在应力反复的振动作用动态过程中，金属也会发生疲劳的相似现象，再加之转弯时要克服运动中的惯性力量，机翼上的力距要比静态力距大得多，因此造成了重大事故的发生。所以我们考虑问题要从动态相似中去观察问题，看问题才能更全面地认识事物的相似本质。再如高速旋转的子弹击穿玻璃，我们很容易

认为是相似于钻头很快钻入玻璃的过程一样。但子弹高速动态中击穿玻璃并不相似于钻头，而是相似于爆炸产生的冲击波破坏物体的过程（高速同步摄影机所拍摄的照片显示出子弹刚要接触玻璃时，玻璃已被弹头前产生的冲击波穿出一个洞了）。只有子弹在低速时才能相似于钻头撞击玻璃的情况。所以，静态和动态是有关系的，但是更重要的是研究物体在所需要的某种运动中所具有的相似性才有实用意义，这是研究人员必须重视的一个问题。再一方面，在科技研究过程中，事物之间的相互动态关系都是非常快的，所以，掌握快速多输入频谱分析议对研究动态中的相似现象是非常必要的手段。又如，不研究电子管、晶体管静态曲线就不知道工作中的动态负荷线。动态和静态的相似有差异但又有关系，因为事物往往应用在动态中，所以要特别重视动态相似过程。但不研究静态相似情况，就不会知道他们的由静态到动态过程是什么样的关系，也就掌握不了事物的本质中的那些联系的根本原因。恩格斯研究了运动和相对静止亦即平衡时指出："任何特殊相对的运动，即这里在一个运动着的天体上的个别物体的任何个别运动都是为了确立相对静止即平衡的一种努力。物体相对静止的可能性，暂时的平衡状态的可能性，是物质分化的根本条件，因而也是生命的根本条件。"[15]所以我们重点是要从事物相互作用的运动状态去认识事物，离开了运动就谈不上物质。但又不能不研究运动在一定条件下趋于平衡即相对静止时的那些特点和状态，这就是认识事物能相对稳定，能分化和分类的根本原因。这就是物种成因的根本所在，也是人们认识世界方法中的一个很大进步。所以，在认识事物本质的过程中，需要以动态为主，但也不要忽视对相对静止相对平衡状态的研究。植物、动物在变异中相对稳定才能分类。

（三）宏观相似与微观结构相似的关系

结构问题是一个哲学问题，同时也是一个客观实在问题。什

么是结构,结构有哪些形态呢?结构就是组成事物中那些基本单元或层次之间的关系。各门科学都有一定的结构与特殊性。比如,现代物理学中的分子结构、晶体结构、原子结构、亚核结构,社会科学中的经济结构、社会结构等等。在结构形态方面,又分为平衡结构与不平衡结构。经典结构一般讲平衡结构,而现代所谓的耗散结构就属非平衡结构了。我们这里所说的宏观与微观结构,除了上述结构包括的概念外,重点是讲认识宏观与微观运动中的那些相互关系和转化的相似关系。门捷列夫元素周期表深刻地说明了宏观相似和微观结构的关系,不过我们这里所说的宏观结构不仅体现在物理学中所说的宏观、微观中的那些概念,而且还包括更多的含义。比如,人由细胞组成,这细胞对人体来说是微观结构。事物有时组成的微观成份虽然相同,但由于结构的差异,宏观现象却会不完全相似。懂得了宏观现象与微观结构的关系,我们在研究事物之间的相似时,更要探索微观动态结构的相似。比如人们要想相似鸟的飞翔,先是重视宏观相似,用手来操作两个巨大的"翅膀",这不但飞不上天,反而把人摔死了。后来了解了鸟的翅膀的微观动态结构,了解到拱弧形翼上面空气流速快,下面空气流速慢,使翅膀上下产生压差,从而产生升力,人们于是就改进了机翼,加大了运动速度,就是从微观动态结构相似着手,最后达到了相似结果,才制造成功了现在的飞机,真正地飞上了天。思维是宏观现象,只有把大脑的微观结构以及相互之间的动态过程研究得很清楚以后,思维的正确解释才得以基本完成。此外,我们也必须了解现代化学、物理,由"唯象论"阶段过渡到分析事物本质的微观结构过程的方法,如氧化态、配位场理论、分子结构理论、计算化学等都是新近研究分子结构的有力工具。在物理学方面,最新概念是从量子物理学和统计物理学的观点出发来说明物理的基本原理的。它们是把宏观性质作为微观性质的统计结果来描述的,并引入了很多新的统计概念,如"体系状态"、"可到达态"、"几率"、"统

计系综”。它把微观中存在的平衡孤立体系的根本性质解释为“等几率地出现在每一可到达态中”。它们都是以量子力学为基础的。比如,以前用离子键理论就不可能解释不带电荷的氢原子怎样会结合起来成为稳定的氢分子的。这是一百多年来使化学家大为苦恼而不可解释的大问题。但在量子力学建立仅一年后的 1927 年就得到完满的解释。所以不了解这方面的知识,就不能了解现象的本质。当然,我们并不认为“唯象论”阶段那些宏观规律完全无用了。正如爱因斯坦在《物理学的进化》一书中指出的:“我们可以说建立一种新理论不是象毁掉一个旧的仓库在那里建立起一个摩天大楼。它倒是象在爬山一样,愈往上爬愈能得到新的更广的视野,并且愈能显示出我们的出发点与其周围广大地域之间的出乎意外的联系。但是我们出发的地点还是在那里,还是可以看得见,不过显现得更小了,只成为我们克服种种阻碍爬上山巅后所得到的广大视野中的一个极小部分而已。”[9]所以,他认为新理论还是在原有基础上发展而来的,同时指出了研究愈向微观深入,科学间相互联系贯通,相似性就越大,对事物的认识就越清楚,就能提高我们思维过程中那种高瞻远瞩、明察秋毫的能力。

总之,在纷繁的科学、技术中认识到了现象与本质的关系、宏观与微观结构的关系、静态与动态的关系,就能抓住事物的实质。认识了上述三个关系中的相似性,即同与变异的过程和方法,就可以使人由被动变为主动,由不自由变为自由,由无知转变为有知,使我们在浩如烟海、变幻莫测的科学技术发展中,去找到同与变异的主要原因和办法,去寻找现象的谜底,使我们在科学家世世代代追求的“统一性”与“整体性”原则道路上向前迈进。

四条相似规律

(一)事物都是由相似的单元、层次排列组合而来的

首先,我们来谈一谈什么是单元,什么是层次以及它们相互之间和整体相互的关系。我们在这里所指的单元是一种组成事物内

部结构的最基本、最简单的一种单位。所谓层次是指事物内部相互作用、相互联系、相互制约最紧密的那个相对独立的部分。层次在微观上讲是结构、运动、时空的统一的表现形式。一般复杂的事物具有多层次的结构形式。在原子结构中层次是比较清楚的概念。核外电子是一个相似层次，其作用力是电磁力，化学反应都表现在这个层次。如果深入到原子核中，质子、中子相互作用力就有强作用力和弱作用力，这又是一个相似层次，核能表现在这一层次。再深入则进入所谓亚核层次，如强子、轻子、夸克、胶子等，这一层次的动力系阈能就更大了。亚核夸克是否以后就不能再分了呢？这还要看科学技术的进展了，这还是一个争论的问题。计算机软件各种操作系统也是有相似的层次结构，社会科学也有各种层次结构，一个国家、一个政府、一个工厂、一个军队都有各种各样的相似层次结构。由单元组成层次，组成整体，研究单元、层次，是为了更深刻的把握单元、层次和整体间相互的作用。这里，还应该重视整体对各层次及各单位的反作用。从现代系统观来看，“整体大于部分之和”，这从生物上看是显而易见的。如人的整体功能就不是手脚或体细胞单个功能或一部分功能的总和。在化学中，水的性质不是氢和氧部分功能的总和。这些都体现了物质内部结构上的量变到质变的一种规律。又如，人的精子和卵子结合而发展起来的新的整体，更体现了父母整体信息对单元的反作用，这是由于所谓遗传信息作用于基础单元的结果。不单生物化学物理结构系统是通过物质、能量、信息的形式而相互构成一体的，就是很多科学技术发展过程中这个作用也是很明显的。以前的人只重视机械地去分析与综合，而不重视综合指导下的分析，更不重视研究系统或整体中信息相互作用和相互制约的作用。只把摸得着、看得见的实体看成物质的性质，而对物质的波粒二象性中的波动形式作用认识不够(波是信息存在的重要形式之一)，因此，阻碍了科学更快地前进。

有人认为“信息既非物质又非精神，信息就是信息”。这样就把物质的波粒二象性的作用取消了。其实信息正如日本科学家岩崎允胤在其所著《现代的物质观》中所指出的，“能量的、信息的运动都是属于自然物质意义上物质的过程”[13]。整体对单元、层次的反作用和单元层次对整体的作用，至少有一部分作用和联系是以信息的作用形式出现的，但这并不为现在一般人所理解。如，植物生长中之光合作用、放射线改变遗传基因的作用、治疗中的针灸术、气功都可以理解为信息的作用。人和电磁波、紫外光，以至引力波、γ 射线、X 射线、几仟兆赫的超高声频等信息，都会是有相互作用的。所以著名科学家钱学森在“现代科学的结构”一文中指出：“把人作为一个整体，把人放在整个宇宙中去研究，人要和宇宙联结在一起。这也就是新的人天观。”他又说，“思维科学的目的在于了解人是怎样认识客观世界的，人在实践中得到的感觉信息是怎样在人的大脑中，存贮和加工处理为人对客观世界的认识的。”[10]这些都是要让人们注意信息对整体、对系统和对认识主体的重要作用。

再从一般科学和工程技术中单元、层次的情况来探索一下相似单元、整体的关系。我们所生活的宇宙和世界就是由一些相似的单元所组成的多层次结构。原子组成分子，分子组成各种物质，进而成为地球，再由各星体组成了太阳系，而我们的太阳系只是银河系里的一员，还有河外系等等。每个层次有每个层次的特点，每个单元有每个单元的特点。又如，复杂的机床也是由那些相似的单元——齿轮、丝杠、凸轮、螺丝、螺帽、曲轴、拉杆等组成的，由这些单元、层次组成了一个完整的机床。又如，电器设备还是由那些相似的单元——开关元件、线圈、电磁铁、矽钢片等组成，但这些组合都要根据不同的技术要求结合各种零部件的特性功能，利用符合规律的原理和谐地组成一个整体。早些时候，人们认识了各种机械单元，后来电学发展，又认识了各种电器的单元和部件，人们

又把这些单元相互作用的相似关系综合起来制造更复杂的机器设备。现代的机床是机械和电器,甚至微型计算机系统等组合的整体。所以,科技的发展在某种意义上讲就是相似原理的发现与运用。所有的新发现都是和原有基础分不开的,都是一个相互套在一起,由小到大,由低级到高级的综合相似形,或成为更大的体系。再看生物进化。植物学家李靖炎同志经过十多年的研究,写成《细胞在生命进化历史中的发生——真核细胞的起源》一书,指出:"当地球上还没有真核细胞以前,只有核前细胞,由于兰藻与核前细胞结合就成了胞内叶绿体的前身,而动物细胞内的线粒体则来自共生的细菌,"[11]而叶绿体和线粒体都是动物、植物的能源供应者。植物、动物之所以有今天的大发展,都是依赖了这种低级的组合相似的形式。植物由苔藓、草本、乔木由低级到高级发展,动物由软体动物、鱼类而发展到脊椎动物以至高级的人类,都是依靠这个相似单元产生的能源。叶绿体和线粒体又有它本身的层次单元结构。诺贝尔化学奖获得者彼得·米切尔经过深入的研究,证明了叶绿体相似于人们多年努力发明的太阳能电池微观结构,而线粒体则相似于人们发明的燃料电池的微观结构。这些叶绿体和线粒体的氧化还原链又彼此相似。所以,在我们生活中司空见惯的相似现象后面,都有很多深奥的原理联系着。我们科技工作者只要把事物越分越细,越可以看见它们的联系中的相似关系,就更容易接近辩证唯物主义的思想方法。大自然经常把宏观的相似现象展示于人们,而将其相似的基因和原理隐蔽着,让人们去寻找、去研究。谁寻找着这个现象的根本原理,谁就会发现更多的成果。总之,人们在工作、学习、实践活动中使大脑得到了许多反映事物的记忆单元——"相似块",这为以后人们的工作、学习创造了丰富的联想基础,使人们的思维活动能进入高级阶段或层次。著名哲学家培根说:"类似联想支配发明。"科学家贝弗里奇说:"独创常常在于发现两个或两个以上研究对象或设想之间的联系或相似之点。"这个结

论无疑有正确的地方。随着人们对客观事物认识不断的前进,"相似块"也不断地相互组合深化,思维内容就不断丰富。再如计算机的发明过程。以前设计计算机时,只想到要代替人们计算,根本没有想到要制造现代所谓的"智能机器人",那么为什么会变成"电脑"、变成"有初级智能的机器人"呢?这是一个很有启示的发展过程,下面谈谈这个过程。著名生物学家贝时章曾对生命的特征——"活"下了一个很好的定义——"就是物质、能量、信息三者的变化,协调和有机统一的动作。"与此相似,人们发明的计算机也是在物质、能量、信息三个方面协调统一动作的。由电供给能源,通过硬件的物质相似人体的运动,装上快速数模、模数变换及频谱分析装置相似人的听觉、视觉、触觉,由软件从这些外部设备接收信息,使信息、能源、物质有机地协调成为一个整体,逐步地逼近、相似于贝时章教授所谓的"活"的特点上来了。果然计算机就"活"了,能写、会算、能听、能看、能进行一些逻辑判断,现代战争都要用它,它俨然成了有生命的东西了。所以,相似的单元、相似的层次组成了相似的结果。

(二)相似的基因、相似的条件和环境产生相似的结果

有相似的条件,相似的环境,才会得到相似的结果,但相似的条件和环境对基因又有反作用。

客观事物中任何相似的现象与结果都不是凭空产生的。所以我们办什么事情,考虑一个工程,设计一个系统,制定一项方针和政策。都应该根据当时的条件、环境来全面反复考虑。什么一无图纸、二无资料,一搞就搞出了一个世界上最先进的发明,这是没有根据的说法。

我国社会主义建设过程中有过不少教训。其中,主要的一点就是在推广先进典型经验时,忽略了外部条件与环境的相似性。如在农业上,不顾各地的不同条件,搞一刀切,结果造成一些地方林、牧、副业的破坏,并挫伤了群众的积极性,这是一个深刻的教

训。“橘生淮南则为橘，橘生淮北则为枳”，即使基因相似，而条件环境不相似，也会出现不同的结果。前几年，我们也曾大量引进不少外国先进设备，但有的效率不高，尤其电子计算机更为突出，这就是因为与之有关的客观条件、环境不相似，如管理水平、技术力量、通讯网络、原材料、配套能力、能源、运输等都不相似国外的那些情况与条件，因而就达不到原来的相似结果，以至造成浪费。我们研究相似，就是要提醒人们：要时时处处考虑到各个方面是否协调、和谐，符合不符合那些相似的关系和相似的规律。人的思维发展过程中，相似的基因、条件、环境相互依存，相互转化更为突出。例如，从小被狼哺养的婴儿再还人间，声带还是好好的，但怎么教他说话，说话的功能还是建立不起来，这说明，环境、条件破坏了大脑发育过程中那些说话功能的微观结构和基因。还说明，事物发展中每个阶段的条件、环境和基因都要配合得当，才可能出现相似的结果。正如近代著名的瑞士心理学家皮亚杰指出的，儿童智力的发展经历了按固定的先后顺序的四个阶段，并和年龄有关，教师必须针对学生的这些特点，提供相应的学习内容和条件，才可能在培养儿童智力方面取得良好的成果。他并且认为，思维是人和周围环境相互作用活动的结果。

（三）事物包含的相似功能越多，其作用就越大，应用就越广

电子计算机的作用为什么这样大呢？正是由于它从模仿人的逻辑思维这个相似点出发，以后又一步一步地相似于人的其它功能：能算、能写、能看，还能听人说话，有丰富的记忆力和极高的运算速度，成为控制系统的中心，还能控制执行元件，模仿各种机械运动，动作灵活，它是现代各种先进科学技术的最高综合，并形成了一门带头的学科。

又如，坦克车是机动车加装甲加大炮的综合体。单纯的汽车只能代步，装甲车只能作轻型的攻击与防御，大炮虽能重攻，但不会行走。坦克车便综合了以上各种功能，成了行动中的大炮，又是

活动的碉堡，所以作用就大，是现代化战争中的主要武器。

一个人的能力也是如此，知识越广泛，实践经验又多，又有一个好的方法，那么能力就越大。现代科学都是相互渗透、相互依存的。要想精专，而又无广博的基础知识，其前进之难就像李白诗云"蜀道之难，难于上青天"。因为没有众多的知识为它铺路，只想精专而不广博，只不过是一种幻想。

马克思、恩格斯博览群书，结合实践研究了当时科学社会发展中积累起来的全部知识，才创立了马克思主义。人们形容他们像升火待发的军舰，随时可以开往任何战斗的思想海洋。又如《红楼梦》的作者曹雪芹，他对诗、书、易、礼，琴、棋、书、画，无一不通；再由于他生活的社会地位使他尝到生活中的酸、甜、苦、辣。他这种特有的知识和生活环境，造成了他大脑中丰富的"相似块"，是其能写成《红楼梦》这部巨著并成为伟大的现实主义作家的原因。大多数在科技上能获得最高成就、有所建树的人，都是具有多种学科知识并善于付诸实践的人。现代新学科，多是跨行跨业的边缘学科。在我国四化建设中，特别需要发展有多种相似功能的科学技术，培养造就这方面的人，是当务之急。因此，不论是从科技上来说，还是从人才成长来说，综合的功能越多，作用就越大，是一个很值得注意的事情。另外，我们设计人员要多从综合功能上下功夫，要从动态组合中、运动协调中去下功夫，对部件、零件反复推敲，使之高度机动灵活，适应于多种要求，这是一个复杂而细致的重要工作。比如自行车轮子，既是行走的部件又是平衡车身的部件，又是荷重防震的部件，真是功能多多，妙趣横生。以上所述，不正是我们设计人员应当好好思索的事情吗？

(四)各种学科中，往往由一个或几个相似功能较多的学科作为带头学科，而这个带头学科中又有一条带头的原理，决定着它内部的相似规律和系列

电器时代的文明发源于对磁的研究，电子器件起源于爱迪生

效应与半导体整流现象等的研究。而现代火箭燃料、炸药、火化工技术，则发源于我国的黑火药技术。我们伟大的中华民族是很多带头科学原理的发明者，是我们最先发明了磁的应用、指南针、火药，这些发明的结果，都推动着西方国家的科学技术向前蓬勃发展。而作为发明者的我国却反而落后，甚至深受其害。再一个问题，当时不管是发明家爱迪生和我们的祖先都没有意识到；磁、指南针、爱迪生效应，竟有如此辉煌灿烂的科学前景。

这说明两个问题：一、不但要善于发现新事物，更重要的是尽可能早地认识其所含有的科学带头性，即能够识别出这个原理是一个可以产生一系列相似变化的雏形。二、如何才可能把这些具有带头性的科学原理，即这个雏形尽快地沿着相似规律发展成为一个相似系列、一门独立的科学、推动社会的进步，这是更发人深思的问题。

怎样去发现这个相似的雏形呢？它有哪些特点呢？一般说来应具备：(1)是事物的基础；(2)具有多种接合性能；(3)具有两种以上比较稳定的转化状态；(4)掌握了原理并可以控制其转化技术。但这些还是离不开恩格斯说的那句话，各种物体的形式和种类只有在运动中才能认识，离开运动，离开同其它物体的一切关系，就谈不到物体。物体只有在运动中才显示出它是什么。我们祖先只孤立地认识了磁石，而没有再发现与磁场联系的电场，更没发现这二者之间在运动中的联系及转换关系。而在外国，法拉第、楞次、麦克斯韦、赫兹等，却紧紧地扣住这个相似关系进行研究，并进一步研究了这一雏形与其它事物的联系。由感性认识上升到理性认识，人们的认识就由必然王国向自由王国过渡了。你看发电机、变压器、电动机、无线电、有线电，哪个离开了磁场与电场呢？哪个能离开电磁场与导线相互运动和相互作用的规律呢？这个磁电互换的带头原理终于发展成了一个庞大的相似系列，成长为一个不断发展的电子、电器学科。

利用相似关系和规律改造客观事物的应用方法

(一)按照基本的相似原理和关系,把所要研究的问题区分成一定的相似系统与类别

这是一个重要的步骤,这个方向错了,下面很多事情就会跟着错。但究竟怎样才能把所研究的问题归入比较恰当的相似类别呢? 这是比较复杂的(这里所说的相似类别,只是初级的分类,以后经过分析解剖,还要细致地分成相似单元、层次等),这里是想要在整体或总体上去看待问题,去统筹,去协调,去指导初步的分析,去统率单元对层次结构的关系,并对单元层次和相互作用提出必要的要求。

人们对客观事物之所以能进行分类的基础,是他们头脑中先已贮存的经验即“相似块”。人们根据这些“相似块”去对照、分析、比较、鉴别那些纷繁的客观事物属性,把反映到大脑里来的信息进行过滤,再用联想、想象、类比的形象思维方法和归纳、演绎的逻辑思维方法来进行分类,或进行最初的分析。但不管用哪种分析方法都离不开相似原理。逻辑学上的“三段论”就是按照相似规律推出相似系列,而形象思维又大都是以宏观微观的相似现象以及这些现象间的联系为基础的。人们的行动是大脑支配的,而大脑是受原有贮存的信息制约的。所以,拟定最初方案和分类的人,最好要具有较广博的才能。

另一个要注意的是在人们观察客观世界中往往容易被表面现象、假象和干扰信息所蒙蔽,使我们思想产生简单化、形式化,使我们走入歧路,不是事前的诸葛亮而是“过后方知”。要克服以上毛病,我们必须认真地运用前面相似关系中所指出的现象与本质、静态与动态、宏观与微观的分析方法来进行分类研究,这样才能透过现象掌握实质。应用系统工程的方法,用相似原理过滤出那些假象和干扰信息,初步规划出整体与部分的模型或类别属性,不至偏

离大的方向，使初步分类能比较接近实际。

一个人所经历的生活过程，包含着大量的认识和实践，而这些过程都是深刻地贮存在大脑里的“相似块”。人的思维运动能够在外界信息进入大脑后自动去耦合、接通、激活这些已存的相似块中的信息，从而使这些“相似快”之间产生相互联系、相互作用，就出现了如心理学联想学派的所谓“类比律”、“相似律”、“接近律”。有时，从同样一件事情调查来的信息，反映到各人的思维活动中，结论又有所不同，这是什么原因呢？这是因为，人们贮存的“相似块”不同，联想的结果就不同。所以，分类时要集思广益，才能把事物的相似性分析得接近于正确。那种凭个人头脑一热就对总体方案作决策的做法是容易出错的。因为总体方案定了，以后的分析解剖、综合均要受它的制约。东欧国家的电视机总体方案都想节约一个变压器，一切设计都要受它的制约，这样就使机内降压电阻多，从而温度升高而影响零件的寿命，破坏了整机的可靠性。我们以前认为，新建厂都要建在山区，问题增多，钱也就花得多，产品成本高，经济效果低。

(二)分类之后，进一步对事物进行详细的解剖分析

我们前面曾经谈到，事物都有其微观结构上的相似，因此，我们可以将其解剖、分解成具体的相似单元、层次，并找出它们之间的本质联系。这种分析是为下一步的综合优化打好基础，其中有些需要变异和移植的单元与层次，还要按横向相似分成新的类，使之具有和其它事物的功能相似、结构相似、几何相似、动力相似性，这样才能跨行业、跨学科建立起新的横向联系，才能在原有的基础上变异。我们透彻地明了这些相似关系与规律，就可以指导我们的科研革新工作，使我们有所创造、有所发明。如机床的改革，我们先分析其基本的相似单元部件是齿轮、丝杠、拉杆、凸轮等，而齿轮作为变速单元与电动机通过改变磁场产生的变速的功能很相似，于是就出现了现代机床中用电器控制的“无级变速装置”。没

有第一步对原机床内部功能相似单元的详细分析，就不可能用相似原理发展创造出新型机床。现在数控机床又综合了微型计算机功能，所以作用就更大了。

又如人们发现了高能射线能够影响核酸中的信息组合过程，相似于缩短了自然变异中的过程和时间，人们就把人工放射技术和遗传生物学综合起来，出现了放射性育种学。人们发现激光能加快某些化合作用的过程，相似于催化剂的作用过程，国外就出现了激光化学。

(三)分类分析之后便要综合优化

要灵活利用相似的单元、层次不断地排列组合，使之逼近预想模型。这种综合不是甲、乙、丙、丁的凑合，而是要根据客观中的相似关系、规律，去能动地组合。就像要织一幅新图案一样，图中的点和线可能用的是纬线上的，也可能用的是经线上的，要根据当时的情况而定，根据事物的客观规律组成我们需要的新方案。这种综合，不是照葫芦画瓢，而是一个又同又有变异的新综合。如东风140载重汽车就是在解放车生产的基础上变异而来，所以就比解放车又省油，又跑得快，载重又多。人们从提拉单晶生长过程联想到云母晶体的人工生长，获得了很大成就。但是，这些优化的变异是要受很多条件制约的。古人说“他山之石，可以攻玉”，就是说，科学技术在综合过程中可以借鉴移植。知道纵向相似，就可以了解过去，推之未来；知道横向相似，就可以“触类旁通”，灵活变异。所以，纵横交错乃是今日科学发展的一大特点。但横之所以能得当，是从纵向原理联系得来的。而纵向相似的系列却发源于最初共同之相似点上。这是我们在工作学习中必须牢牢记住的一条原则。

事物发展中的变异

(一)事物如何向前变异

1、必须善于在已有的事物基础上发现存在的问题。如果你以为已经没有问题要解决了，你的那个事物就停止前进了，而如何才能发现问题呢？

（1）最常用的方法是不断地和范例进行比较，找到差距，从分析差距中发现不相似的各种原因和问题。（2）要在运动中、实践中去发现问题。事物在发展过程中的那些信息，必然要表现出来，要用一切可能的手段，找到事物运动的本身或和其它有关过程中出现的问题，问题解决了，事物就前进了一步。美苏飞机的改进，如美国波音707、727、737、747、757、767，苏联米格十五、十七、十九、二十一、二十三、二十五、二十七，不管它工业多么发达，还得由同中变异，在实践中才能改进。只要我们在实践中对事物认识得越透彻，就越能看到其复杂的纵向联系和横向相似关系，就能利用跨行、跨业、跨学科的技术去解决问题。有些要亲自实践、亲自操作才能提高我们认识的正确性。（3）要善于从偶然出现的现象中发现问题。这有时是变异创新的重要机会，切不可放过偶然的事件。伦琴1895年发现X光，由此产生了一系列的相似发明。1903年，法国科学家贝克勒耳，在X射线研究中发现了另一种有贯穿能力的射线。1912年，德国科学家冯－劳厄，把它发展为X光晶体学。科学家W.布拉格又发现了X射线入射角θ和原子晶体平面的距离D的关系式，这就是著名的布拉格公式。瑞典科学家西格巴恩1924年发明了X射线光谱学。最近，美国科学家马克和英国工程师发现了X射线图像层析技术等获得诺贝尔奖。居里夫人研究了放射性物质以后，卡文迪许实验室由此而打开了原子核大门。

2、不但要善于提出问题，而且要善于解决问题，事物才能前进。

（1）要充分利用贮存于大脑中的以往在学习和实践中积累的“相似块”，进行移植、类比、推理、归纳、演绎或用数学的方法建立模型或进行模拟。总的来说，这些都不能脱离以上所说的相似关

系和相似规律的指导，否则类比、移植就会没有根据，甚至失败。如果没有相似于实际的概念和认识，你怎么去建立符合实际的数学模型呢？建立不起正确的数学模型来，优化也就不可能。

(2)要善于捕捉大脑中偶然出现的“直觉”或“灵感思维”。这个问题较为复杂，以后将专题探讨。这里只谈一些基本点。

①要围绕所研究的问题，经过长期思考，以确立一个适当的目标或课题，再收集信息，信息才可能往这个方向集中或耦合。

②要把注意力放在最感兴趣，最有感受的那些问题上。

③要有相对安静的环境，否则不相关的信息太多，根本无法进入所研究问题的境界。

④“灵感思维”一般不会产生在最紧张的思维过程中，却往往产生于思维松弛状态中。是偶然输入一个与之有关但又不太强烈的信息而激发出来的思维活动。

⑤“灵感思维”的信息不强，应很快地把这些瞬间思维过程记下来，否则容易遗忘。所以苏轼说：“作诗火急追忘甫，情景一失永难摹”。

⑥其原理有些相似于多输入的并带有数据库的快速频谱分析的复杂装置。

⑦早晨刚醒时(或午夜突然醒来时)是最容易产生“灵感思维”的时机，最好不要被无关的事物所打断。

⑧要培养自己的审美观、音乐鉴赏力等等，这些都是产生灵感顿悟不可缺少的辅助基本功。

⑨要博学、多才、扩大知识面，才能增加“灵感思维”的机会。

(3)要善于从大量的感性认识和实践过程中去把握那些相互联系、相互作用、相互制约、相互转换的事实，逐步变成抽象的数学模型。客观事物中那些头绪复杂的内在关系，并非都是靠直观所能理解的。数学的相似性功能是很广泛的，它不但能用以研究物理量的相似变换过程，而且能研究量变到质变的那些相似过程，是

我们解决问题的重要工具。比如,研究有电抗或电容电路中电流、电压的关系时,利用富氏变换很快就找到了电感的电抗形式是 $2\pi fL$,容抗是 $1/2\pi fc$ 等等。研究高能物理学中粒子高速运动的轨迹,在动态中分析物质是什么都是利用数学的方法。一个高能物理同步回旋加速器所附属的计算工具——电子计算机大约有上百台,有识别图像的,有计算的,有分析的,有中心数据处理的,有控制条件的。没有它,高速运动中瞬时即逝的过程所出现的现象根本无法得到研究和处理。

又如现代要分析飞机发动机出现的故障,都是用数学方法。尤其是采用电子计算机和测试仪器很快能找到问题的所在,现在检查波音飞机发动机,用专用计算机去分析故障既快又好。但如何选择最符合于实体的那些数学的方法呢?物理学家狄拉克说:"在作这一选择时,对数学美的考虑定将给人以很大的影响。既然变换在现代物理理论中起着重要作用,相对论和量子论都似乎表明变换比方程具有更加根本的重要性,那么优先选择那些以有意义的变换群作为其基础的数学分支,也许是件好事。""同时去寻找一种方式,使它显得很自然地适合于物理解释"。现代应用数学的蓬勃发展,快速富利叶变换、拉氏变换、模糊数学、几何拓扑、代数拓扑等空前活跃,数学分析方法只要和物理现象"相似",就能很好地去解决实际中的问题,反过来又促进了数学、代数、物理的向前发展与变异。

(4)要善于调度自己的知识,要把注意力集中在所要解决问题的主要关键上,建立起自己大脑中的兴奋中心。这样会促使头脑中的"相似块"产生联想,也就能使那些相似信息向这个方向集中耦合。在适当的时候就会出现直觉和联想甚至"灵感思维",从而使问题将很快得到解决,或使问题有所突破。

(5)要调度大家大脑中的"相似块"。所谓集思广益,就是人各有所长,要集中各人的智慧。这里同样是相似的功能越多作用就

越大，例如，行之有效的技术协作组、攻关组以及专家工作组，都是综合每个人头脑中的"相似块"解决问题的好方法。

(6)要有高度的审美观，要善于把事物之间的相互联系、相互依存、相互制约、相互作用的那些关系和因素，按照我们所需要的形式组合得高度协调和谐。否则那个设备、那项研究、那个事情就搞不好。关键是要培养自己思维过程中的那种高度的敏锐性，能够看出事物间的不协调在哪里，并使之变异转化为协调和谐的形式。正如英国美学家弗·哈奇生所指出的："每一个体，每一对肢体在外表上彼此相似，丝毫不差，这种美是多么普遍，仿佛是大自然的普遍意图，如果没有意外因素妨碍它的话！我们知道，缺乏这种相似，被认为不完整，不美丽。"[11]他看到了相似在"美感"中的作用，认识到部分和整体的协调性的重要作用。

大自然是这样，人的正确思维也要把存贮在大脑中的各种"相似块"组成相互协调和谐的整体才能实用。

另外，在工厂生产中最后成品质量的好坏为什么和装配工有很大关系呢？也是这个道理：能工巧匠都有高度的审美观。另一方面，审美观点应该符合庄子所提倡的要"雕琢复卜"反对"殉物"，即要追求内在符合规律的卜上面，反对仅仅追求于相似于外表的那些形式主义作风，这是古人很重要的遗训。在这方面我们吃过不少苦头。

(二)再谈谈向后变异(失败或倒退)的一些情况和原因

向后变异也是一种相似运动，不过不是相似于那种先进的、前进的事物中应该有的那种相互联系和相互作用的相似基因、相似的条件和环境。而是相似于落后、原始状态、低级形式的那些相似的基因、条件、环境罢了。所以，它只能以出现落后的、原始的、低级的、失败的相似结果而告终。比如，以前我们认为只有资本主义国家会产生污染，而我们社会主义国家不会产生污染。可是我们建工厂污水不经处理往下水道排放，这些就构成了相似的基因、相

似的条件和相似的环境，所以，就产生了相似的污染结果。在科研、革新当中，失败和达不到理想的结果经常出现，失败就是我们的主观意识和实际、动态和静态、微观结构和宏观整体不协调造成的。我们只有找到失败的原因是什么，找出事物中宏观与微观结构、单元、层次组合的那些不符合规律的地方，才能使我们找到关键问题，然后集中精力去克服它，才能变失败为成功，谓之曰失败为成功之母。如果不总结经验教训，找不出失败的原因，那么就有可能在工作中重犯这些相似的错误。

向后变异的主要原因，从相似论的观点和角度看，是没有对事物的动态、静态过程，宏观和微观结构关系进行分析，因此就谈不到去创造优化的条件和环境，有时相反却创造了向劣化转化的条件与环境。工作中有些人经常搞形式主义，脱离事物运动的动态规律，亦即前面提到的庄子所说的“殉物”，而不会去“雕琢复卜”，于是出现劣化、倒退。这就是不懂得以上这些相似规律造成的。出现劣化的结果，当然还有其它各式各样的原因，但最重要的还是上述原因。

总之，我们要吸取人类改造客观世界中正反两个方面的经验，才能把事物按照优化变异方向不断推向前进。以上就是把相似过程中的三个关系、四个规律用于科学技术和思维发展过程中的一般规律与注意事项以及它们的应用方法。

结　论

科学的发展和进步，是离不开原有的基础与条件的。是在相似运动中(同与变异中)不断运动变化的。而要顺其规律，使之不断优化，就不能不从宏观与微观结构的相似关系中，从静态与动态的相似关系和过程中去认识其相似基因。事物有了相似的基因，还要有一个与之协调的相似条件与环境，才能得到预想的相似结果。而这些初步形成的结果还要不断优化变异。在科学技术中没

有“同”方面的继承就不可能有真正的发展，而不进行横向的综合就不可能有较大的飞跃与变异。如何继承？如何综合呢？相似的原理和规律能够给我们很多启示。自然发展史和科技发展史忠实地记录了这些同和变异的过程，为我们研究提供了大量的变异的相似模式。我们科技工作者都应该重视它、学习它，知道过去才能深刻的认识现在，推知未来，才有可能作做出成功的决策。阿波罗火箭创新中应用的技术都是现成的技术，关键在于综合。利用横向相似和纵向相似上的点就能织出一幅美丽的新图案。研究相似的原理和规律乃是能够创新的重要方法之一。

现代科技的发展，一方面向纵深发展，都殊途同归于量子学和量子阶梯的相似性。而另一方面，在变异中又出现了“知识爆炸”的局面。这就是同与变异的结果。变异的方式则相似于计算机中的“译码”的过程，是按照指数突飞猛进增大的。而要善于变异，作为个人来说，就是要善于在学习、实践中不断丰富、扩充贮存在大脑中的“相似块”，自觉地使自己向通才道路前进。现在科研中有所建树的人，都是掌握了多种学科的人。一个国家要想在科学技术中有较大的进步，就必须有强大的基础工业和配套能力。上海工业为什么发展很快？就是有各种基础工业，密切配合和相互排列组合的结果。离开了这基础，离开了继承和综合，科学技术就不可能有较快的发展。总之，科技发展史本身清楚地记录了同和变异的历史。客观事物发展的过程和思维发展的过程中，这些相似运动和过程是很值得我们去研究的，是能够从中发现很多更有意义的规律的。我们知道了这些规律以后才不致走到库恩的“否定继承”，费耶阿本德所谓科学无方法可言的狭隘的结论中去(当然，从库恩、波普、费耶阿本德、拉卡托斯等人的著作中我们还是能吸取很多有用的东西，为我们所利用的)。

我们认为研究大量客观世界中存在的相似现象中的这些相似基因和规律，能够提高我们工作中的预见性，对科研技术的发展能

够起到事半功倍之效。另外,也可以利用上述方法去研究人们思维过程中的那些由低级到高级、同与变异的认识过程,并用微观结构、动态过程的那些相互联系、相互制约,用贮存于大脑中的"相似块"、相似单元、相似层次的方法,去研究形象思维形成的过程乃至规律,也是很有重要意义的事情。比如对研究人的认识的过程、信息处理过程、联想机理、生化过程以及想象的由来、创造的机制等,并从这些大量的相似现象和规律,进而探索大脑微观结构与动态过程,从思辨进入到实在的分析,是一个很有战略意义的工作。

我们深刻感觉到搞自然科学的人应该自觉地努力学习马克思主义哲学,搞哲学的人也应该像马克思、恩格斯那样应该了解更多的现代自然科学的成果和规律。这样才能不断地把辩证唯物主义推向前进,使它始终站在科学的领先地位,这就会使我们无往而不胜。

最后还应提醒我们,任何事物都存在着有利的方面和不利的方面。相似现象和规律亦不会例外。由于大脑对输入到大脑中的信息有自动去接近、耦合原有存贮在脑中"相似块"产生联想的作用,所以人们很容易按照过去的习惯办事,走不出老框框,爱犯先入为主的毛病,即心理学上所谓的"思维惯性",尤其知识狭隘的人对新事物不敏感,容易产生"钻死牛角"的现象,由这个极端走向另一个极端,这都是"思维惯性"造成的。避免的方法,唯有多学习,多实践,使用大脑中存贮各方面的"相似块",这样就可防止思想僵化产生,不至于在工作中、决策中造成重大失误。我们认识了这些道理就能变相似·的不利为有利。

以上主要说的是"相似"在科学技术和思维发展过程中的作用与相似规律的应用及方法。但我们认为,一个人如何才能发挥自己最大的能力,不但要具备书本知识、实践的知识和一个好的方法,而且要有一股百折不挠的精神力量作支持,才能无往而不胜。这个精神力量的源泉,就是对人民的热爱、对祖国的热爱、对党的

热爱。有了一个真的、善的、美的、崇高的理想和信念,就不会因为暂时的困难、个人的得失所动摇。一般有所作为的人,没有一个不是精力充沛、能克服一切困难勇往直前的人。有了这个崇高理想和信念,学习就有目标,加上方法对头,没有什么困难是不可以克服的。

以上对客观事物的认识和分析,仅仅是从它发展过程中的相似、同与变异这个角度出发来考虑问题的,所以,只能是看问题的一个侧面。但诸多问题——我们当前如何学习,怎样工作,怎样去进行科研与创新、革新与改造,对美学中人是怎样产生美感的机理,在文学、艺术、社会中如何树立成功而有效的典型,如何开展技术协作,如何组织配备科研人员,如何提高学生的兴趣以收到好的学习成果,在音乐、美术、建筑上如何使人得到更大的美的感受,对建立高一级的人工智能模型,使计算机能够产生想象等,从相似规律中都能找到可资借鉴的原理。我们认为,只要综合国内、国外有关相似原理论述中合理的部分,从这个人人在用、似曾相识、司空见惯的现象中探索建立起一个较系统的"相似学"来,成为思维科学中的一个分支,对科学方法论的一个补充,还是很有意义的事情。

在相似论研究中,得到著名科学家钱学森的指导,还得到兵器工业部、山西省科委、省国防工办、省市科技情报所以及梁衡、朱新民同志的帮助,谨致谢意!

(张光鉴)

参考文献

[1]钱学森:《系统科学、思维科学和人体科学》,《自然杂志》1981年第1期第3—7页

[2]彼得·米切尔:《开林的呼吸链概念及其化学渗透结果》,《1978年诺贝尔演讲集》,《自然杂志》编辑部编

[3]张广厚:《用唯物辩证法指导数学研究工作的体会》,《自然辩证法文集》第

127页
[4]《列宁全集》第38卷第159页
[5]列宁:《哲学笔记》人民出版社1956年9月1版第272页
[6]《列宁全集》第38卷第161页
[7](美)F.H,威切曼:《量子物理学》第4卷第3页
[8]《马克思恩格斯选集》第4卷第407页
[9]爱因斯坦:《物理学的进化》,上海科技出版社
[10]钱学森:《现代科学的结构——再论科学体系学》,《哲学研究》1982年第3期第21页
[11]李靖炎:《细胞在生命进化历史中的发生——真核细胞的起源》第179——181页
[12]皮亚杰:《发生认识原理》,商务印书馆
[13](日)岩崎允胤:《现代的物质观》,《自然科学哲学问题丛刊》1982年第1期第30页
[14]《星星之火,可以燎原》,《毛泽东选集》合订本,第96页
[15]《马克思恩格斯选集》第3卷第563页

附:相似的三条规律

[在此后出版的《相似论》(张光鉴等著,江苏科技出版社,1992)一书中,作者重新表述了相似规律,特节录于此。]

(一)相似运动律

不论是自然界还是人类的思维,其由简单到复杂,由低级到高级的运动都是在相似的同与变异中进行的。

在自然界中,一切物质之所以能产生运动,都是基于力的作用。现代物理学的研究发现,推动物质运动的力基本上有四种,即引力、库仑力、强作用力和弱作用力。现代物理学的研究进一步证

明，力的产生乃是由于物质间交换了某种粒子而形成的。对此，世界著名的物理学家海森堡在他所著的《物理哲学》一书中指出："其实'力'就是交换着的'粒子'"。因此我们也可以认为，力乃是由于物质间交换着高度相似的粒子而产生的。

引力交换同一的引力子，库仑力交换同一光子，强作用力交换同一的 π 介子，弱作用力交换同一的玻色子。由于作用力是由交换高度相似的同一粒子而产生的，因此产生的力就具有高度的相似性。这相似的力又作用于高度相似的粒子：比如库仑力相互作用的相似粒子是正负电子；强作用力作用的对象是相似的质子或中子；引力作用的对象是相似物质。所以相互作用的结果所产生的运动形式也就必然具有相似性。正如同样的炮弹，如果在发射时发射的力量是相似的，发射角度又是相似的，那么炮弹飞行的弹道曲线也必然是相似的。氢原子中外层电子和质子中正电荷之间的作用力是交换着同一光子，产生了相似的库仑力，所以地球各处的氢原子中电子受到的力就是相似的，它们的运动形式和统计轨道也必然是相似的。但是，由于四种作用力在物质相互作用中交换的粒子有所差别，所以它们作用于各自相似的粒子，也就产生了差别。这差别表现在力作用距离的远和近，以及力的大和小上。我们知道，强作用力和弱作用力都是近距离作用力，所以表现在微观物理现象中；引力和库仑力则是远距离作用力，所以引力主要是表现在宏观宇宙那些千千万万相似的太阳系和银河系中，库仑力主要表现在化学过程中。

由于客观世界中四种作用力本身各自交换着的粒子有所差异，所以四种力作用下的物质运动在趋于稳定时就必然呈现着所对应的某种状态(人们称之为结构)。因此，物质的结构也有所差异。在强作用力作用下运动的中子和质子，变成相对稳定的状态时，产生了原子核这个结构。原子能就表现在这个层次上。库仑力作用下的核与核外电子运动产生了另一个结构层次，即物质中

电子这个层次。这个层次便成为化学研究的对象。化学元素周期表中所显示的主族、副族、横列和对角线上的元素都具有相似性，就是由于一定数量的电子、质子在高度相似的库仑力作用下，必然产生具有相似稳定的结构表现形式。后来有机化学家热拉尔在研究了化学的结构相似性后提出了类型说。类型说的诞生则又为布特列诺夫、凯库勒、柯尔伯等人建立化学结构理论开辟了道路，并为解释不同物质之间的转变打下了基础。由于化学主要是研究核外电子层次上的电子运动以及元素之间的相互作用，所以这又和物理学中的电动力学和量子物理学研究电子运动的相似性结合起来，产生了物质结构的电子理论。这时，它已经不仅是原子和分子结构学说的理论基础，而且也成为量子化学反应的微观理论基础了。当然，大千世界中四种力的相互作用过程，还远不只是这些。

在生物界中也同样充满了相似的运动。物种进化过程中的宏观相似运动首先被达尔文所发现，而产生这种相似变化的原因则又为克里克、华生所揭示。他们发现生物之所以相似它们的父辈，乃是由于它们都是以父辈的 DNA 为样板进行相似的运动，即所谓的“复制”而来的。关于人的思维运动中的相似性规律问题，是一个较为复杂的问题。我国钱学森教授在 1990 年 6 月北京召开的全国人体科学会议上说：“人是一个开放的、复杂的巨系统。”人脑的神经细胞约为 10^{11}个，而相互联接的接点约有 $10^{13}-10^{15}$个的数量级，显然是一个复杂的、开放的巨系统。人是自然的产物，大脑当然不能例外，大脑的思维活动当然有其自身所具有的物理学、化学、生物学运动中的相似原因，但决不能由此便简单的还原为单纯物理、化学、生物运动的相似过程，也不能用一般动物低级思维活动中存在的相似性来完全代表人类的思维运动。因为人的大脑的思维活动，乃是基于这些相似子系统与环境相互作用下不断发展形成的一个开放的、复杂的巨系统的功能表现。

所以，研究思维的运动规律，一定要从系统的相似性入手，才

能给予较好的解释。即要用运动相似、几何相似、结构相似、关系相似、功能相似等一系列相似性去把握思维活动中的相似性原理，才能深刻地认识思维运动的相似规律。本书在阐述人思维活动的相似性原因一节中做了大量的论述，并概括叙述了这种相似运动活动中由感觉到知觉的一些基本相似规律。个人思维相似运动的一般规律，则是由于每个人一定要根据自己在社会中直接实践经验与间接经验，而在大脑中贮存的相似块，去对所要认识的事物或所要解决的问题进行推理、判断和问题求解的。人总是先从事物的形式相似入手，然后才去认识事物运动的相似、结构的相似、联系的相似，才能认识到事物千变万化中那些相对不变的本质，达到对事物规律的认识的。人思维运动的相似性机理，可能发展进化成为直感（直觉）思维、逻辑思维、灵感思维和社会思维的重要机理。

客观物质运动的相似性和人们认识运动中的相似性，决定了人在改造客观世界中思维与行为的相似性以及在创造器具上的相似性，而这三方面的相似性，就决定了人类社会运动发展过程的相似性：不同的国家、不同的民族都经过了石器时代、陶器时代、青铜时代、铁器时代、蒸汽时代、电器时代等。所以，自然界的运动、人类思维的运动和社会的运动，都是这样由低级到高级、由简单到复杂，在相似的同与变异中进行的。

（二）相似联系律

一切事物都是通过相似性中介而联系的。

其实，在相似运动律中已蕴含了相似联系律中的某些根据。客观世界中存在的一切，本来就是通过相似性中介紧紧地联系而成的一个复杂的、开放的巨系统。人在各自的研究工作中对自然界进行了分门别类的研究，形成了所谓的物理学、化学、生物学、数学等多种学科。当时认为各学科间有着本质的不同，当然这一方面是为了研究的方便，另一方面也是由于当时人类认识方面的局

限性所造成的。比如物理学和化学，为了争论它们的定义的区别，在历史上曾经有过几十年的讨论。最后物理学由力学进入到电子学，化学由对化学元素结构的研究而进入到核外电子学，这样，物理学与化学之间原来认为是本质不同的学科，在以研究电子相似性为中介而相互联系成为一门新学科即物理化学。同理，原来认为化学和生物学是很不同的学科，现在也以同样的原因联系成为新的生物化学。数学对模型的研究和物理学对模型的研究中存在的相似性原理而形成了新的学科数学物理学。原来数学中代数学与几何学各不相干，后来的研究发现，笛卡尔坐标系中的某些直线与曲线能表示代数方程式，反之代数方程式，也能表示为笛卡尔坐标系中的某些几何图形，通过二者之间的相似性创立了解析几何学。原来的天文学和高能物理学也关系不大，但后来发现天体中产生的高能粒子和高能加速器产生的粒子具有很大的相似性，在研究的过程中，还进一步地认识到，天文学对天体中很多核聚合的过程也和物理学中研究的问题具有相似性，所以天体物理学产生了。

以上的事实说明，相互联系决不是学科之间的简单相加，而是对事物本质认识的复归，也是更全面、更深刻的对事物的认识。

事物以相似性为中介的联系不是只适用于某些单一学科间的联系，而同样存在于跨学科的大科学中。我们可以从现代新发展起来的研究线性系统和非线性系统的跨学科的大科学的产生来看看相似性所起的作用。

N.维纳在建立控制论时说："我用'控制论'这个词来标识这一个问题领域是出自一个简单的原因，我在今天的生物科学和工程科学进行研究的那些过程中，找到了许多相似的东西，因而力图使用这样的词汇，把不同的东西的相似性表示和指明出来。否则在这一领域进行的工作就会混杂不齐并缺少对问题最基本的共同性的理解。我的目的就在于把各个科学领域中进行的努力联合起

来，使它们都致力于对相似问题的划一的解决。”这清楚地表明，控制论把生物学和工程科学中一系列的多学科联合起来的原因，在于以相似性为中介的联系。系统论创始人贝塔朗非认为他一般系统论的任务是在“揭示不同现实领域的规律的同型性基础上，为现代科学知识的综合创造基础”。他还认为“不同领域出现同型性的基础是存在一般的系统原理，是发展程度不同的‘一般系统’”。贝塔朗非所谓的同型性是什么呢？用前苏联系统科学家萨多夫斯基认为，所谓“同型性”即“理论模型在结构上的相似的问题”。信息论最早的创建者申农(C. Shannon)是电器通讯工程师，他研究的目的是如何能使信息源在通过传输过程中保持与原有信息高度相似而很少失真的一系列理论问题。所以，“老三论”的创始人所建立的大科学都是以相似性为中介的一种联系的事物。

我们再来看看“新三论”的创始人他们是怎么想的。协同学的创始人H.哈肯在谈他提出协同学的动机时说：“近年来，越来越清楚地看到，物理系统和化学系统中存在大量的例子：具有充分组织性的空间结构、时序结构或时空结构从混沌状态生长出来。”而“这些结构是自发地发展起来的，它们是自组织的。但使许多科学家惊奇的是，当大量的这类系统从无序状态变为有序状态时，它们的行动显示出引人注目的相似性。这一点有力地表明，这类系统的功能作用遵循同样的基本原理。在这本书中，我们想要解释这一类基本原理和基础概念，并介绍用来妥善处理它们的数学工具。”所以哈肯的动机是研究物理学系统中和化学系统中从无序到有序状态过程中的那些相似性问题的。有的人认为突变论与相似性是无缘的，一个讲突变，一个讲相似，哪能有相互联系呢？么我们看看突变论的创始人是怎样说的吧！托姆在他的著作《突变论》中说：“现代科学精神急切地感到有必要理解事物稳定性内部的调节机理。我们需要懂得关于控制和调节的一般理论，因为这种理论将使我们有可能掌握自然系统和人工系统在稳定化过程中的相似

性，也只有这种理论才能使我们真正开展多学科间的对话，而不是进行实际上会，捆住我们手脚的那种彬彬有礼的社会对峙。”他又说：“我力图描述一种动力学模型，它与从经验中得出的形态相符合。”托姆一方面研究自然界相似运动后形成的稳态的那种相似性形态是如何发生的，另一方面为人工系统如何达到与自然稳定状态的形态相似的问题提供指导。他后面的话是说在掌握了这个理论后去建构一个动力学的模型并与经验中的形态相符合即和经验中的形态相似。

超循环论的创始人、1967年诺贝尔化学奖的获得者M.艾根在他所著的《超循环论》中写到：当我们“认识到生物世界的这种差异的同时，事实上还存在一个怎样理解它在亚细胞水平上的均一性问题”（均一性即是在差异后面隐藏着的相似性问题）。他认为达尔文发现了生物在宏观运动中出现同与差异的相似性后面，还要在分子进化过程的机制上予以研究。艾根说：“尽管密码并未显示出那些最终分配方面的全部逻辑结构，但是它根本不是随机的，人们不可能不得出那里有某种最优化原理在起作用的印象。人们可以把它称作最小变化原理，因为密码的结构是这样的，单个点突变的结果被归结为在氨基酸水平上的最小变化。”即生物遗传过程的变异必须遵循变化最小原则，即保持一种相似性物种，才能在环境中保持某种稳定性。艾根还认为：“因此，假若前细胞进化受到近似于达尔文自然选择机制支配的话，那么它的特征必然与我们在种群水平上所发现的分支程度相类似。”我们可以看到，这实质上也就是超循环论的根本思想所在。M.艾根想从分子水平的自复制、自催化过程中，保持物种在宏观上和达尔文选择基制上的相似，因此他在书中用大量的研究例证批评当前科学界中一些人认为达尔文的进化论是“一种陈词滥调或同义反复”的那种偏激观点。钱学森教授在倡导建立系统科学时高度赞扬了哈肯和艾根在自组织研究工作中的成就。

从上面的论述我们可以看到，不论是“老三论”，还是“新三论”，都是在某种程度上论述各自的相似性问题。

在大科学理论基础中是这样，在工程技术上以相似性中介而进行联系、转化的情况就更多了。例如机械中的变速，原是通过齿轮或皮带的组合，而电机变速是通过电流和磁场的改变，液压设备的变速是通过改变油压或流量，因此现代机床的变速器由原来只用齿轮或皮带轮的情况，经过功能相似为中介的联系转化成为种类繁多、操作灵活的各种无级变速器了。这样的例子不胜枚举。不过，在工程技术上，相似的联系不单是原理相似的联系，而更多的表现在功能相似、几何相似、结构相似的相互联系和相互转化上。

我们在认识和掌握了事物通过相似性中介而联系后，更应该去认识事物在联系过程中保持的相似关系中的某种相对不变性。从宏观角度概括出来的这种相似的相对不变的关系，就是所谓规律，如果从某一个特殊角度来概括，所得出的就是各门科学中的定理或定律。在力学中，人们找到了相似联系中三个相对不变的相似关系，即别尔特兰的相似定理一；爱林费斯特的相似定理二；基尔皮契夫的相似定理三，人们从而可以利用它们去设计制造飞机、轮船、桥梁、堤坝，取得了巨大的成功。所以我说，规律寓于相似性之中。

人的思维活动中由相似性为中介的联系经过各种心理学派的研究，不管是老联想学派，还是新联想学派、机能学派、格式塔学派、精神分析学派，尽管他们之间不断地进行指责和攻击，但他们都承认人的思维活动按相似性而联系是一种必然。所以就出现了各式各样的相似律。但是我们相似论中所说的相似规律比心理学的相似联想律要广泛、深刻得多。关于这个问题，本书中都有较详细的论述。

总之，原来认为本质不同的东西可以通过相似性中介而联系，

从而使它们能相互转化、相互作用、相互依存和相互制约。这就为对立统一找到了具体的根据、方法和原理。系统中各个单元、各个层次、各子系统之间的联系都是要通过某种相似性的中介而联系的。系统中的这种联系不是一种假定，而是一种实在。

恩格斯非常重视研究事物之间的联系问题，他甚至认为“辩证法是关于普遍联系的科学”。所以通过相似性中介而联系的研究，也可为辩证法在思维科学上的具体化做出有益的探讨。关于什么是中介的理论学术讨论会，国内已经召开过几次，但都没有得到统一的认识。我们认为相似性本身具有的中介性质，就是关于中介理论中的一个重要观点，也是大有发挥余地的。

(三)相似创造律

一切创造，无论是自然界的创造还是人类的创造，都是基于某种相似性而进行的。

自然界存在的一切，都是自然界本身按照相似运动、相似联系的规律进行建造的结果。从尺度上来划分，有微观的和宏观的；从速度上来划分，有低速的和高速的；从温度上来划分，有超低温和超高温的；从压力上来划分，有超低真空的和超高压的；从存在状态来说，有平衡态的、非平衡态的，有晶态的、非晶态的和生物中大量存在的液晶态的。从无机物到有机物，从有机物到生物，从核前生物体到细胞，一直到形成我们人这种复杂的、开放的巨系统，都是大自然的伟大创造，都是在相似的运动中、相似的联系中发展创造出来的。这个结论是从以前的那些研究自然界从微观到宏观、从核前生物体到人的主要的科学家的研究成果中得出来的，这在前面的相似运动律中已经有了初步论述，在本书的后面还将进行进一步的阐述。就是最先研究自组织过程的系统科学家H.哈肯、R.托姆、M.艾根以及分形学家B.B.曼德尔布罗特等，在研究了自然界中的大量的自组织过程后发现，它们仍然是以自相似、自催化、自复制为基础的。所以，自然界就好像是一个充满相似运动和

相似联系的实验室，它的时空尺度是如此广大，它的实验条件是如此优裕，它创造的作品是如此和谐而精美，使人惊叹不已！

我们人现在所进行的创造，一方面是以认识自然界相似运动、相似联系中某些原理而去进行的创造；另一方面是在前人所取得的成果的基础上，进行某些相似的改进、相似的综合而进行的创造。

达尔文在环球航海中发现，一切生物都是在相似的同与变异中前进的，于是他创立了进化论；门捷列夫研究了化学元素之间的相似性，创立了元素周期表；牛顿研究了物体宏观运动中的相似性，创立了牛顿三大定律；法国的德布罗意认定一切基本粒子都相似于光子，均具有波粒二象性，创立了德布罗意粒子的波粒说，他的这一假说后来为物理实验所证实，因而获得1929年度的诺贝尔物理学奖；化学家P.米切尔发现植物的叶绿素和动物的血红素，不仅结构是相似的，而且运动过程也是相似的，从而获得1978年诺贝尔化学奖；N.维纳发现了生物科学和工程科学过程中的相似性，创立了控制论；H.哈肯发现物理系统和化学系统，在自组织中，从无序到有序过程中大量存在的相似运动，创立了协同学；M.艾根研究了非平衡系统中一系列的自复制、自催化(亦即相似运动)的过程，创立了超循环论；B.B.曼德尔布罗特用现代数学方法去研究化学、物理过程中的自相似原理，创立了分形学……一言以蔽之，新学科的出现、新理论的提出、人类认识的进步，都是建立在对自然界相似运动和相似联系的新的发现和认识的基础上的。

但是，由于宇宙是如此广袤，世界是如此之大，相比较之下，我们对它的相似性还是知之甚少的。比如，化学家经过对根瘤菌几十年的研究后发现，要彻底地弄清楚根瘤菌是怎样把土壤中的氮轻而易举地合成氮肥的，那是一件非常复杂的事。如果还要进一步把它移植到豆科作物之外的农作物上去，那更是一件遥远的事了。倘若有一天人能够使其他作物的根部机制与这个机制相似，

那不仅能够大大提高作物产量，而且能够节约大量人力物力。同时化肥生产中的污染问题和节能问题也就迎刃而解了。所以，人能够创造出相似于地球上这小小的事物所显示的功能，就是一个很了不起的创造了，至于要相似于植物轻而易举的合成各种碳水化合物、蛋白质、脂肪，以至各种食物，那就是更伟大的创造了。地球上通过相似联系和相似运动而生产出来的产品是如此之多，人能相似于它们的过程、相似于它们的机理去进行创造的前景是非常广阔的。

人们在掌握了力学中存在的三条基本相似定理后，就能以此为根据去设计和制造各种飞机、各种船舶、各种火箭、各种堤坝与桥梁；人们认识了有机化合物在合成中的结构相似原理，制造了各种高分子材料；人们认识了放射性元素中能量产生的原理，并与之相似制造出来原子能反应堆，并综合原有的发电机，建立了原子能电站；人们认识了太阳上，氢的聚合反应制造了氢弹；人们在原有机床、电器、计算机本身存在的相似性的基础上，人们将其予以综合，创造了多功能数控加工中心；人们综合收音机“加”示波器，发明了电视机……

在改革开放的今天，我们注意学习别国的先进经验，引进先进技术，为什么有的只能做到形式的相似，而达不到本质的相似呢？这主要是没有认识到那些事物中运动过程的相似、宏观结构的相似、微观结构的相似、联系过程中的相似、关系中的相似性造成的。这些就要牵涉到原材料的相似、加工工艺的相似、管理过程的相似和知识水平的相似等问题。这些问题不解决，产品要达到功能上的相似就是一句空话。大炼钢铁、大跃进给予我们的教训是很深刻的。今天，我们对此已经有了比较清楚的认识。因此，我们在以后的工作和创造中，必须实事求是，按照自然界中的相似规律去进行认识和创造，这样才能使我们的建设事业取得事半功倍的效果。

（张光鉴）

2 相似论与玻姆的相似观

戴维·玻姆(David Bohm,1917－1992)是与爱因斯坦、玻尔有过密切交往的量子物理学大师和科学思想家,拥有英国皇家学会会员的头衔。鲜为人知的是,他的研究兴趣实际上并不仅仅限于现代物理学及其哲学问题,还在于建构一种以创造力为核心的心灵哲学。

1998年,亦即其身后第7年,由自由撰稿人李·尼科尔根据其有关创造力的若干论文编纂的《论创造力》一书面世。三年后,由玻姆的入室弟子洪定国教授翻译的该书中文版又在我国出版[1]。可以预期,这部著作的出版将有助于世人深入、系统地了解玻姆的创造力理论,并激发一系列相关研究。

在我们看来,玻姆的创造力理论有一个格外引人瞩目的特点,那就是异乎寻常地注重创造力与相似性的关系:"相似"一词(以及与之相关的"差异")不仅在该书中出现数十次之多,还散见于各个章节,几乎贯穿其全部理论。在这个意义上也许可以说,玻姆业已形成了别具特色的"相似观"。

玻姆的相似观不禁令人联想起我国知名学者、山西省社会科学院思维科学研究所名誉所长张光鉴研究员于20世纪80年代创立的相似论[2][3]。张光鉴先生的本行是工程技术,曾荣膺多项重大发明奖,为全国劳动模范和五一劳动奖章获得者。同样是出于对人类思维、特别是创造性思维的兴趣,他转入了一个新的研究领域——钱学森院士倡导的思维科学。张光鉴在系统总结自己以及

他人创造性思维的基础上，提出了思维的相似性原理，并由此将他的思维科学理论命名为相似论。

仅由这些外在的特征即不难看出，相似论与玻姆的创造力理论不乏类似之点。这自然令人想到，将两者做一番较为深入的比较研究是很有意义的。本文仅为引玉之砖而已。

人类的创造过程与自然界的创造过程：基于相似性的统一原理

在我们看来，玻姆的创造力理论和相似论的一个共同之处表现在：两者都把自然界的演化过程“拟人化地”视为某种创造过程；并且都认为，人类的创造过程与自然界的创造过程是相似的；这种相似性不是出于偶然，而是出自基于相似性的统一原理。

正如李·尼科尔在《论创造力》英文版序中所指出的，虽然玻姆的主要目的是在于探索人的创造力本性，但他却“始终把心灵与自然过程王国相衔接，并最终提出：人类创造力的展现不只跟自然界的创造过程相似，毋宁说，作为整个宇宙中的创造性力量，两者具有相同的内在本性。”非但如此，玻姆还提出，这种共同的本性实际上就是“由相似的差别，导致差别的相似”[1]。

在玻姆看来，自然界中的各种结构乃是序的等级系统，这是一条普适的原理。而欲原则上能够描述每一事物的实际序，就必须采取“根据相似的差别和差别的相似来表述的语言”。玻姆举例说：“设想有一栋房子，其基本的相似元素是砖块，砖块在位置和朝向上却又有差别。它们若以相似的差别之某种阵列被序化，便构成一堵墙。然而接着，墙又成了较高级序的一个元素，因为各堵墙按照位置和朝向上适当的相似性排列，便构成房间。同样，房间被序化而为房屋，房屋被序化而为街道，街道被序化而为城市等等。”实际上，整个自然界都是如此：电子与核粒子按一定方式序化而构成原子，原子以各种方式序化构成各种物质，蛋白质分子以一定方式序化构成活细胞，细胞以一定方式序化构成器官，各器官序化构

成有机体,有机体序化又构成有机体社会,直至地球上的整个生命圈,乃至其他行星[1]。玻姆指出,“每种序可以成为新的更高序之基础,以形成连续演化的等级系统,导致一些新的结构,它们一般能序化较为简单的结构(如神经系统序化肌肉细胞的机械运动)。”玻姆指出:“由此可见,自然界是一个创造过程,其中不仅总有各种新的结构,而且总有各种新的结构序在形成……”[1]玻姆进而指出,人的创造过程实际上与自然界的创造过程完全相似,两者具有相同的内在本性:“一般说来,没有理由期待一组给定的自然定律会有无限的有效性领域。如果把任何定律应用于其适当领域之外,几乎肯定会发现定义着该领域自然界序的那些基本差别终于不再相似。事实上,差别将会有所不同。这又导致新的相似性,并因而导致有关新序的知觉以及新结构的创造。所以,在我们关于自然规律的知识中,存在着不断演化的序与结构。演化所依据的原理在某些方面类似于自然界的序与结构原理:在不断成长着的序之等级系统中,由相似的差别,导致差别的相似。此一等级系统似乎形成了自然定律之生命体。”[1]

与此类似,相似论明确断言:一切创造,无论是自然界的创造还是人类的创造,都是基于某种相似性而进行的。而这里所谓的相似性乃是“同”与“变异”的统一。相似论提出,客观事物发展过程中,都存在着同与变异,因为只有同才能有所继承,只有变异,事物才能往前发展。相似不等于相同,相似就是客观事物存在的同与变异的统一。一切事物都是由相似的单元、层次排列组合而成的。这里所谓的单元是指事物内部结构中的最基本最简单的一种单位,而层次则是指事物内部相互作用、相互联系、相互制约最紧密的那个相对独立的部分。宇宙和世界就是由一些相似的单元所组成的多层次结构[2]。

相似论还进而提出了三条相似规律——相似运动律、相似联系律、相似创造律。相似运动律是说,不论是自然界还是人类的思

维,其由简单到复杂,由低级到高级的运动都是在相似的同与变异中进行的。相似联系律是说,一切事物都是通过相似性中介而联系的。相似创造律则断言:一切创造,无论是自然界的创造还是人类的创造,都是基于某种相似性而进行的。"……自然界就好像是一个充满相似运动和相似联系的实验室,它的时空尺度是如此广大,它的试验条件是如此优裕,它创造的作品是如此和谐而精美,使人惊叹不已!"而人的创造同样是基于相似性的创造:"一方面是以认识自然界相似运动、相似联系中某些原理而去进行的创造;另一方面是在前人所取得的成果的基础上,进行某些相似的改进、相似的综合而进行的创造。"[2]

总之,张光鉴和玻姆都认为,人类的创造过程与自然界的创造过程是相似的,具有基于相似性的统一原理。

创造力之源:基于相似性的形象类比

玻姆的创造力理论和相似论的另一个共同之处表现在:两者都认为,基于相似性的形象类比乃是创造性思维的真正源泉。

思维科学的倡导者钱学森院士曾经指出,创造性思维是形象思维与抽象思维的辩证统一,相似性是形象思维的重要因素,重大突破的取得实际上靠的是形象思维,而所谓灵感只不过是形象思维的特殊表现形式。所有这些论断都在玻姆的创造力理论和张光鉴的相似论中得到了印证。

在玻姆看来,创造性思维一般由两类心灵过程——洞识(insight)与幻想(fancy)组成。其中,洞识又可进一步分为想象的洞识(imaginative insight)和理性的洞识(rational insight);幻想也可进一步分为想象的幻想(imaginative fancy)和理性的幻想(rational fancy)。

"rational"这个词除了"理性的"、"合理的"的含义,还有"推理的"意思。因此,在与"imaginative"(想象的)对举时,似乎也不妨

将其理解为"推理的"。

"insight"这个词有"洞识"的意思,心理学中译作"顿悟",钱学森院士把它理解为"直感"而不是禅宗所谓的"顿悟",一般可译为"洞察"。"fancy"这个词既有"幻想"之义,又有"设想"、"构想"的意思。insight 表现为出于潜意识的直接的"知觉",带有原发性,而 fancy 的过程则显现于意识,表现为"已知概念和表象按逻辑序的建构或组合"[1]。从两者对举的角度看,似乎将其分别理解为"原初性的"的"洞察"和基于既有信念的进一步的"构想"也并无不可。

因此,为了便于理解,我们不妨把玻姆提出的组成创造性思维的两种过程分别称作洞察和构想,而将相应的子过程分别称作想象性洞察、推理性洞察、想象性构想、推理性构想。如用我国思维科学界流行的术语表述,想象性洞察和想象性构想似应属于形象思维,特别地,前者亦即所谓"灵感"或"直觉";而推理性洞察和推理性构想则应属于抽象思维。

玻姆进而断言,创造力仰仗于对相似和差别的敏感力。

具体地说,洞察表现为比率或比(ratio)。这里所说的比率并不限于数量上的比例关系,还包括性质和关系上的"定性的"相似,例如"A 对于 B,犹如 C 对于 D(可以更简明地表达为 A:B∷C:D)[1]。不难看出,这里所谓的"比率"实际上便是一般所谓的(基于相似性的)"类比"。在想象性洞察那里,这种类比是形象化的,而在推理性洞察中,这种类比则是基于语言的:"该洞察的首次拓展或展示采取表象的形式。在此表象中,对于各种比率或比例的确切说明显然仍旧以隐含的方式为主,也就是把比率或比例当成形式特征间的关系。稍后,通过推论性的思想和语言,比率总体的某些基本特征也得到了展示。只有在这种情况下,心灵才充分准备好了把洞识的内容投向幻想力或建构性思想的领域。"[1]总之,"在创造性洞识中,表象与比率的新总体被知觉为一个单一和谐的总体,先是隐含的和卷入的,尔后是显示的和拓展的。"[1]

构想过程以洞察过程的类比为出发点，进行进一步的展开和发挥。想象性构想在洞察的基础上产生可检验的假说，而推理性构想的极端形式则是理论的公理化。在构想过程中，“我们不仅以前述意义上的表象为出发点，也以既有的各种概念为出发点。后者由比率或比例的结构所组成。按照主要出自记忆的方式，这些比率或比例得到合乎逻辑的安排。”[1]非但如此，从玻姆所举的例子看，在构想(特别是想象性构想)中，新的类比仍将起到关键性作用。

玻姆的上述理论可以牛顿发现万有引力的过程为例加以说明：

牛顿在心灵知觉的一次显现中，突然领会到“一种新的表象”——月球象苹果一样下落的的表象(而月球之所以没有掉到地面显然可以用它有切向运动来理解)。这便是想象性洞察，其表现形式乃是形象化的类比。接下来，此一洞察又以推论的形式再度展示出来：“正如下落苹果的相继位置是相互关联的，下落月亮的相继位置也是相互关联的，而且任何下落物体的相继位置都是相互关联的”。这便是推理性洞察，其表现形式为通常意义上的(基于语言的)类比。在试图说明月亮“下落”而又并不落下的怪诞方式时，牛顿很有可能联想到某种既有的表象，例如辐射体发出的光强的表象(当时已知光强随距离的平方而成反比地减小)，形成关于引力的类似表象，其潜台词是：“光既然如此，引力或许也是一样。”有待检验的假说在这里实际上业已形成。这便是想象性构想，它也是通过形象化类比而达成的。此种假说一旦通过了检验，原初洞察便得以确立，于是从这种基本理论出发便可以形成进一步的猜想，进行推理和逻辑建构，这便是所谓推理性构想。由此导致的严格的理论结果可揭示基本理论的矛盾和局限性，指明对新的洞察的要求，从而形成洞察与构想相互引发的互补性循环[1]。

关于与创造性思维形成对照的“机械性”思维，玻姆也做了简

略的考察。机械性思维可分为反应性思维和反射性思维。所谓反应性思维就是套用某种"可靠"模式和规则的思维，反射性思维则是通过不断变换反应性思想模式以顺应异常情况的思维，此种过程往往主要涉及想象性和推理性构想。"就是说，通过以新的方式来序化和安排现有的表象与概念，以及对它们加以调制和修改，心灵可以得出一种解决办法。"[1]显然，机械性思维同样也离不开相似——同与变异。

那么，创造性思维与机械性思维所依赖的相似性又有什么区别呢？前者所依赖的相似性乃是表面上相距甚远甚至被认为具有本质差异的事物之间的相似性，而后者所依赖的则是被视为"同一"或者接近"同一"的相似性。难怪玻姆主张，对差别和相似的敏感力体现着不同程度的创造力与机械性。

智者所见略同，这不禁使我们想起黑格尔和著名数学家巴拿赫的类似见解。黑格尔在《小逻辑》中曾说："假如一个人能看出当下即显而易见之异，譬如，能区分一支笔与一只骆驼，则我们不会说这个人有了不起的聪明。同样另一方面，一个人能比较两个近似的东西，如橡树与槐树，或寺院与教堂，而知其相似，我们也不能说他有很高的比较力。我们所要求的，是要能看出异中之同，或同中之异。"巴拿赫则认为，一个人是数学家，那时因为他善于发现判断之间的相似；如果他能判明论证之间的相似，他就是个优秀的数学家；要是他竟识破理论之间的相似，他就成了杰出的数学家。巴拿赫甚至提出，应当有这样的数学家，他们能够洞察相似之间的相似！

与玻姆的创造力理论殊途同归，相似论在系统研究相关文献的基础上提出了思维的相似性原理，并且主张，创造性主要源于类比，特别是形象思维中的形象类比。相似论认为，必然性思维——包括必然性抽象思维（演绎）和必然性形象思维（如同构观察模拟、同构操作模拟、同构试验模拟等）仅能以新的形式表述或使用既有

的知识，其本身并不会导致本质上的新知。而或然性思维中的归纳虽可导致新知，其创新性也十分有限，必须基于对本质上相似的同类事物的既有知识。只有或然性思维中的类比(包括形象类比和类比推理)才有可能跳出相同或同类事物的限制，借助于表面上差异甚大甚至具有本质差异的事物之间的相似性，实现极具创造性的智力上的飞跃。进一步，基于语言的类比推理实际上又源于基于形象的形象类比。在这个意义上可以说，形象类比实为创造力的源泉，所谓灵感和直觉多出于此。更进一步，类比又深深地植根于人类与生俱来的识别相似性的模式识别能力以及对相似刺激做出相似反应的条件反射能力，堪称“理性的本能”(黑格尔语)，其“超剩余性”也许是人类认知能力和高度智慧的发端和秘密所在，而思维的相似性原理也可说是其来有自[3]。相似论还进而建构了类比推理的认知模型——基于二阶语义网络的相似搜索、相似匹配和相似赋值信息加工模型，并以此为基础拓广了产生式系统，这无疑将有助于深入认识类比的内在机制并为类比的机器模拟提供了可能[2]。

三位一体：科学、艺术、哲学创造的相似性

玻姆的创造力理论和相似论的第三个共同之处表现在：两者都认为，科学、艺术、哲学等各个领域的创造性思维虽然不无差异，却具有共同的本质，其深层机制完全相似而不是不同。玻姆指出，人们习惯于把艺术、科学和数学视为三个分离的领域，但就其起源而论，三者均源于同一个未分割的人类冲动。他说，实际上，这三个名词的词源便指明了其原初意向的相似性：“art(艺术)”本义为“to fit(适合)”，“science(科学)”本义为“to know(知道)，“mathematics(数学)”本义为“to understand(理解)”或“学习(to learn)”，而“philosophy(哲学)”的含义则是“对智慧的爱”。玻姆强调说，“可以看出，在十分深刻的意义上，所有这些活动都涉及到适合，即

涉及到艺术。其中隐含着干事情的技巧，以及怎样适合怎样不适合的知觉。对于视觉艺术家或音乐家以及手工艺人来说，这实际上是自明的；对于科学家和数学家来说，这也是真的，却不那么明显。"[1]事实上，科学真理不仅是真的，也是美的，并且美已经成为引导科学发现和对科学理论做出选择的决定性因素。"我认为科学精神与艺术精神有共同之处。科学家不仅要了解事实，还要理解事实是怎样结合在一起、适合在一起，并形成一个整体。他甚至采用美和对称性之类的判据来帮助确定自己需要哪个理论。""科学家不可能捕获思想中的整体宇宙。在他的思想中，他造了一个微宇宙，我们把它看成宇宙的一个类比。我们就这样设法对整体获得某种感受。我猜想，艺术家会通过其他的方式对整体获得感受。"[1]总之，从根本上说，一切活动都是艺术。科学则是一种强调某些事物的特殊的艺术[1]。既然科学、艺术、哲学等都源于同一种人类冲动，并且都属于广义的艺术，那么，所有这些领域的创造性思维都遵循同一个原理——基于相似性的洞察和构想就是完全可以理解的了。

与此类似，相似论也主张，不同领域的创造性思维都是相似的，都是相似性思维——基于相似性的形象思维和抽象思维的产物。相似论还详尽地考察了相似性思维在科学发现(物理学发现、化学发现、生物学发现、数学发现、横断学科发现)中的作用及其在文学、艺术创作中的作用，以此表明，不同领域的创造性思维实际上遵循着统一的原理——相似原理[2]。

从以上的讨论可以看出，相似论与玻姆的创造力理论在诸多重大问题上的看法是十分接近甚或是十分类似的。与此同时，我们还必须注意到，这决不意味着两者完全等同。例如，在对事物之间的联系的看法上，相似论强调的是事物以相似性为中介而联系，而玻姆则强调，实在是一种整体运动，其中每一方面都流入或融于所有其它方面之中[1]。

我们相信，相似论与玻姆创造力理论及其“相似观”之间的相似性必将引起广泛的兴趣，而相关研究也必将有助于思维科学、特别是创造性思维学取得新的进展。

（张铁声）

参考文献

[1]戴维·玻姆.论创造力[M].上海:上海科学技术出版社,2001.15.10.11.15.58.56-91.57-58.59.58.48-60.64.91.116.121.85.

[2]张光鉴等.相似论[M].南京:江苏科学技术出版社,1992.4-5.36.145-182.53-116.

[3]张铁声.相似论——相似·同构·认知[M].南京:江苏科学技术出版社,1995.152-192.

3 论相似性形象思维在科学发现中的作用

钱学森教授指出,思维科学的突破口在形象思维。他并且认为,"相似的观点,或'相似论',对说明形象思维在科学技术、工程技术中的重要性,很有价值。"当然也正如他指出的,"这里讲的'相似'不是几何里的相似。那里的相似比较单纯,用数理逻辑就够了,但在这里不然。在这里,形象思维里,要从一大堆不那么准确的材料中提炼出准确的'相似'"。他所讲的形象思维突破了原有的框框,是一个内涵十分丰富的概念。相似性思维是一种普遍的思维类型(主要表现在形象思维中),它在各个领域的创造性工作中起着关键性的作用。所谓相似性思维,就是人们有意识或无意识地运用事物之间客观存在着的几何相似性、结构相似性、运动相似性和功能相似性导致新的认识的思维活动。本文将以著名科学家或诺贝尔获奖者本人的讲话为根据,就这种思维的普遍性和作用作进一步阐明,为思维学特别是形象思维学的建立提供一点参考性的意见,以求教于同志们。

普遍存在于自然、社会和思维诸领域的相似现象,曾引起为数众多的哲学家和科学家的高度重视。古代哲人亚里士多德认为,"在哲学中正确的作法通常是考虑相似的东西,虽然这些东西彼此相距甚远。"荀子也认为,人如果能把握纷繁世界中相似的类,就是一个了不起的人,所谓"多言而类,圣人也"、"以类行杂,以一行万"。物理学家普朗克则认为,"从表面上看来,自然界的现象千差万别,但是在不相干的领域常常体现类似的简单原理。"数学家巴

拿赫说："一个人是数学家，那是因为他善于发现判断之间的类似；如果他能判明论证之间的类似，他就是一个优秀数学家；要是他竟识破理论之间的类似，他就成为杰出的数学家，可是我认为还应当有这样的数学家，他能够洞察类似之类似。"霍布斯也认为，聪明人和一般人的区别就在于他们善于看出一般人认为不相似的事物之间存在着的相似性。协同学创始人 H. 哈肯指出，令人惊奇的是：对于完全不同的系统，当出现不稳定性时，它们之间具有深刻的相似性。这使他十分赞赏这样一句的名言，即"在这个太阳下没有任何新东西"。当然他说的没有新的东西，决不是否认差异的存在，而是说相异中也存在着相似性。一般系统论的奠基人贝塔朗菲说："任何一般的规律实际上就是指受到它作用的客体之间的某种类似性，使用正确的类似性乃是基本的科学方法之一"，因而他认为，建立"一般系统论"的方法就在于确立在不同的科学领域起作用的规律的同型性。彭加勒认为，"如果在我们的世界中，只有个体的异，而无相似的类，元素不只是几十种，却是几百亿个相异者，那么在这样一个世界中便不会有科学，也许连思想，甚至连生活也不可能了。"诸如此类的深刻见解，举不胜举。虽然这些思想家所在的科学领域不同，但令人惊愕的是，他们在探求所在领域的普遍规律和一般方法时，都不约而同地把它所归结到相似性这个焦点上来了！因此，就出现了数学的相似理论、物理学的相似理论、化学的相似理论、生物学的相似理论、心理学的相似理论等等。上述这些事实和现象绝非偶然的巧合，它们必然反映着客观现实运动的内在规律。"相似论"的目标正在于探求这种普遍的规律性。

据我们所知，较为系统和广泛地探讨相似性问题的还有德国哲学家兼科学家莱布尼茨。他是微积分的创始人之一，又是数理逻辑和计算机科学的先驱，维纳更认为他同时也是控制论的先驱。马克思公开宣称，他是钦佩莱布尼茨的。这位博学之士认为："自然界中的一切都是相似的。""一般性就是单一事物之间的相似，而

这种相似，就是实在"。"只要您想到事物的相似性，您就想到了某种不止于此的东西，而普遍性无非就在于此"。莱布尼茨虽然看到了相似的普遍性，但他的解释则有唯心主义和僧侣主义的色彩。尽管如此，列宁对莱布尼茨关于"自然界中的一切都是相似的"这一思想仍然给以极高的评价，他说，"这里是特种的辩证法，而且是非常深刻的辩证法，尽管有唯心主义和僧侣主义"。也就是说，虽然莱布尼茨的相似观和黑格法的辩证法一样是倒立着的，但都有其闪耀着人类理性光辉的合理内核。

列宁的上述评价绝非出于偶然，正是由于这位唯物辩证法大师本人对相似性问题作过深入的哲学思考，才言简意赅地一语道破了相似观的实质和意义所在。他指出："自然界的统一性就表现在不同现象领域里微分方程的惊人类似中"。令人遗憾的是，正如匈牙利哲学家弗格拉希所言，这一光辉思想远未得到应有的重视和足够的发挥。列宁还指出，"思维规律反映对象的真实存在形式，和这些形式相似，而不是不同。"这提示我们，由于客观实在的结构、相互联系和运动规律自身存在着普遍的相似性，揭示其奥秘的思维过程往往是从识别这种相似性出发并以认识新的相似性结束就不是偶然的了。

(一)在物理学发现中的作用

我们来看看获1927年诺贝尔物理奖的C.T.R威尔逊发明显示高能粒子踪迹的雾室的思维过程吧。他说："1894年9月，我在苏格兰群山的最高峰尼维斯峰的观察站度过了几个星期。太阳照射山顶上的云雾时呈现的奇妙光学现象，特别是太阳周围的彩环(日晕)以及山顶和人在云雾上的影子周围呈现的彩环(光轮)，使我发生了极大的兴趣。我想在实验室里模拟这些现象。1895年初，我为此目的做了一些实验。"正是这些相似模拟试验，触发了他的思路。"我发现，膨胀比有一个临界值($V2/V1=1.25$)，大约相

当于四倍的过饱和。在无尘核的潮湿空气中,""就不会形成水滴。如果超过这个限度,就会看到细雨似的水滴下降。""这表明空气中总是重新产生着凝结核。""实验表明,存在第二临界膨胀值,大约相当于蒸汽的八倍过饱和。如果膨胀超过这个限度,在无尘空气中就会形成密云,云中水滴的数目随膨胀的进一步增大而迅速增加。由于水滴很小,而且大小均匀,所以呈现出很漂亮的彩色像。"他还发现,"凝结核的数目是有限的,而且总是会新产生","凝结核的大小与分子的大小差不多,这两个事实启发了我们,是否可以用一种方法使特殊情况下的某些分子或原子成为可见的和可数的呢"?同时他还想到,这些凝聚现象的产生原因,"是带电的原子或离子形成的吗?正巧到了1894年秋又传来了伦琴的伟大发现和J.J.汤姆逊研究了空气受X射线照射后会产生导电性"的消息,这就使威尔逊想到,X射线能使空气导电和他所设想的雾室中的水蒸气的凝聚现象可能是由带电离子形成的想法有相似性。所以,他就产生了用X射线照射雾室看是否能使雾室内部蒸气产生电离而形成水蒸汽凝聚成雾的试验设想。果然,用X射线照射雾室后,"X射线产生了大量的凝结核,它们和空气中产生的极少量的核同属一类"。即它们的作用和机理有相似性被实验所证实了。这个新的发现使他"极为高兴",并立即专门写了这一实验的报告交给了著名的皇家学会。此后,他又根据这一相似原理将铀射线、紫外线、α射线、β射线对准雾室,观察了这些不同的射线使雾室中的蒸汽电离凝聚产生了各种不同的轨迹,并拍摄了各种射线因性质、能量不同而产生各种不同轨迹的对照图,为核物理研究中显示粒子、射线的轨迹和能量提供了最重要、最方便的仪器。不难看到,他就是从相似现象入手,了解到相似的本质和原理,以后再用它去解决与之有相似性的一系列问题的。著名科学家卢瑟福评价该仪器是"科学史上最新最精彩的仪器"。威尔逊因而获得1927年诺贝尔物理学奖,上面引用的话即出自他本人获奖时的演讲。

我们再来看看另一位诺贝尔物理学奖获得者 L. 德布罗意创立电子波动性理论时的思维过程吧。L. 德布罗意 1929 年 12 月 12 日在接受诺贝尔奖的仪式上说:“长期以来,物理学家一直在思考着光是否由很小的、高速运动的微粒组成的。这个思想是古代哲学家提出的,在十八世纪得到了牛顿的支持。托马斯·杨发现光的干涉现象以及后来 A. 费涅耳作了令人赞赏的研究之后,光的微粒结构的假说就被完全抛弃了,大家一致接受了波动说。就是说,上个世纪的物理学家完全抛弃了光有原子结构的思想。”但是光在传播时“物质必须把它的全部能量传递给辐射,它自己会变为绝对零度!这一荒谬的结论无论如何要加避免。普朗克以他的天才想出了避免这种荒谬结论的办法。在经典的波动理论中假设了光源连续发射光幅射,普朗克则不这样假设,而是假设光源只发射一份份相等的有限的能量,即量子。另外,每个量子的能量与幅射频率 v 成正比,其数值等于 hv,其中 h 是一个普适常数,后来称之为普朗克常数。普朗克思想的胜利产生了一些重要的结果。如果说光是以量子发射的,那么,它一旦发射出去,是否应当有粒子结构呢?因此,辐射量子的存在就包含着光的微粒概念。”“光电效应的发现又证实了光和其他辐射具有微粒结构。”他这时产生了一个问题,“人们无法理解,为什么对于光学来说,需要有两种相互矛盾的学说,即波动说和微粒说。为什么原子中的电子只有可能进行某些运动。”“这就是我重新开始理论物理研究时物理学家所面临的哑谜”。因为原来只认为光是一个特例,有波粒二象性,其他粒子如电子则只有粒子性而无波动性可言。他看到光量子理论很好地解决了波粒二象性的矛盾。在电子中是否也有相似的情况呢?电子也会具有波粒二象性吧!这就为他去解释一直存在他脑子里的这个“哑谜”提供了指南。德布罗意继续讲他为什么有这样想法的两个主要原因,“第一个问题是,不能认为光量子理论是令人满意的,因为它是用 w=hv 这个关系式来确定光微粒能量的,式中包含着

频率 v。可是纯粹的粒子理论不包含任何定义频率的因素。对于光来说,单是这个理由就要同时引进粒子的概念和周期的概念。另一个问题是,确定原子中电子稳定运动涉及到整数,而至今物理学中涉及整数的只是干涉现象和本征振动现象。这使我想到,不能用简单的微粒来描述电子本身,而还应当赋予它们以周期的概念。""换句话说,在所有情况下,都必须假设微粒伴随着波而存在,因此他假定光子的公式——$\lambda = h/p$,也适用于其他粒子,1924 年提出了物质波的普通公式为:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m_0 v}\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

当时因为根据不太充分,很多学者持怀疑态度,连洛伦兹也断言,德布罗意误入了歧途。但在三年后,剑桥大学著名物理学家的儿子 G.P. 汤姆生有关电子束穿过单晶薄片后产生衍射的实验证实了德布罗意的公式是正确的,才平息了这场风波。在讲演的最后,德布罗意说:"描述物质的性质也象描述光的性质一样,要同时涉及波和微粒。不能再认为电子是电的单个粒子,它应当是和一个波缔合的,而且这个波并非虚构,它的波长可以测量,它的干涉现象可以预言。因此,有可能预言实际上还未发现的所有现象。自然界的波粒二象性概念表述起来多少有些抽象,但它已成为整个现代理论物理发展的基础。而且也将是这门科学未来发展的基础。"这个一切粒子都和光子相似,具有波粒二象性的思想后来经过薛定谔、海森堡进一步证实和完善,进而发展为量子力学坚固的基础。这里,我们不能不得出如下认识,即正确的思维正是反映着客观的实在。客观世界中存在的相似性就是主体认识活动中相似思维活动的本源。所以很多科学家如汤川秀树、彭加勒等都重视用基于相似性的类比方法来认识世界并取得了辉煌的成就。

在理论物理学方面,有人认为爱因斯坦的"相对论"的建立是前无古人的,完全是他天才的独创。T.M. 库恩认为爱因斯坦的

"相对论"的理论与牛顿的理论是没有什么可以比拟的，他认为在科学革命中继承性是很少有的事。科学是怎样发展怎样进步的，历来为科学家和哲学家所注意。这里我们想用唯物辩证法的观点，对科学的发展作一些具体的分析。下面就谈谈这方面的问题。爱因斯坦的思维活动，我看还是他本人知道得最清楚，别人的猜想其可靠性总是要差些。我们先从爱因斯坦在所著《物理学的进化》一书的话谈起。他说；"我们可以说建立一种新理论不是像毁掉一个旧的仓库，在那里建起一个摩天大楼。它倒是像在爬山一样，愈是往上爬愈能得到新的更广的视野，并且愈能显示出我们的出发点与其周围广大地域之间的出乎意外的联系。但是我们出发的地点还是在那里，还是可以看得见，不过显现得更小了。"他又说："我们暂且假定广义相对论的预言已经实现了。但是我们的想象是否离开实在太远呢？我们知道旧理论很好地解释了天文观察的结果。能否也在新理论与观察之间建立起一座桥梁呢?"他答覆自己的话说："旧理论是新理论的一种特殊的极限情况。假如引力比较弱，则旧的牛顿定律所得结果便会十分接近于新的引力定律的结果。因此所有支持旧理论的一切观察，也支持广义相对论。我们从新理论的更高水平上重新回到了旧理论。"我们现在再从相对论的提出和发展看看这个问题。想出相对论名称来的其实并非爱因斯坦本人。爱因斯坦刚开始的论文题目是《论动体的电动力学》，当杂志社把稿件清样寄给爱因斯坦后，他的挚友 M. 贝索才建议他把这种理论起名为"相对论"。"相对论这个名称绝不是意味着我们的物理知识有什么相对性；而是表示，对于描述自然界的各种规律来说，一切参照系都是相互等效的。这是自然界的基本原理之一，称之为相对性原理，因为它是和运动描述的相对性联系着的。其实适用于力学规律的相对原理是首先由实验物理的创始人，现代物理学之父伽利略归纳力学实验结果而提出来的，所以被叫做'伽利略'(力学的)相对性原理。"由于牛顿力学满足这个相对

性原理。因而牛顿力学也可以叫做伽利略－牛顿相对论。

但是，随着科学技术的发展，人们不得不开始研究力学以外的其它一些现象，比如光学的和电磁学的等等。并且自然界本身并没有划分什么力学、光学、电磁学……之类，事实上，各种物理现象是搅混在一起的。试图武断地把力学和物理学的其它部分绝对地区分开来将是不可能的。物理学中的任何一种实验都不会只涉及力学问题而不牵扯其它现象。因此，纯粹的力学实验是不存在的。所以伽利略(力学的)相对性原理并不很符合实际，而是有其片面性的。这样，我们就只能是：要么否定相对性原理；要么取消‘力学规律’这个限制。前者看来不可能，因为所有惯性系彼此等效这一点无论在理论上还是在实践上都是无疑的。这样，势必就只能采纳后者，而这就正好把我们引导到爱因斯坦的狭义相对论的相对性原理上去。于是，可以得出结论说，不仅力学，而且所有物理学的定律(包括光学的和电磁学的定律)都对一切惯性系不变。这里，还没有指出"相对论"和彭加勒的相对性原理也有相似之处。所以不管是从爱因斯坦本人的讲话还是从"相对论"的发展而论。这种新的理论决不是像有些人认为的那样和牛顿规范不可比拟，是和旧理论有什么绝对的决裂，是前无古人的绝妙的独创。

为了更清楚的认识物理科学发展中的相似现象和规律，我们不妨再举一些具体的事例。人类每天生活在阳光之下可谓司空见惯，1666 年，二十四岁的牛顿第一次用棱镜把光分成七色，从而证明光的频谱是可分的。1800 年，汤姆斯·杨首先提出光波和波长的概念。1814 年，又有人在牛顿连续光谱的背景上发现了相似于可见光谱线的七百多条暗线并列着。1859 年，基尔霍夫和本生又沿着牛顿、弗朗和费的路子为这些暗线找见了相关的物质。1865 年，麦克斯韦注意到，电磁波和光这两种在当时被认为是毫无关联的事物具有相同的传播速度，并以这种相似性为基础，产生了认识上的飞跃，指出：光就是电磁波。1896 年，伦琴在研究阴极射线管

中的气体放电时，发现阴极射线管外一段距离外的铂氰酸钡发出了荧光，和光有相似性质，能看见阴极射线管到荧光材料屏中间金属片的阴影，他当时就叫它做 X 光。因为 X 射线用途很广，1601 年授予伦琴诺贝尔物理学奖，他成为第一个获得诺贝尔物理奖的科学家。

X 光的发现，产生了一系列的相似发明。法国科学家贝克勒耳在研究 X 射线的过程中，于 1903 年发现荧光物质中铀能放出另一新射线铀射线，居里夫人沿着放射性元素的相似系列研究下去，发现钋和镭，因而获得诺贝尔奖。1912 年，德国科学家冯·劳厄根据 X 光性质的研究设想，X 射线相似于当时认为的以太波(即电磁波)，那么晶体中各原子有规则的排列就可以使 X 射线发生衍射而把 X 射线变为研究晶体结构的新方法。后来经过验证，这个理论是正确的，1914 年冯·劳厄又获物理诺贝尔奖。W. 布拉格和 L. 布拉格父子沿着冯·劳厄新的成果，经过推理和反复试验后，找到了晶体平面的原子面间的距离 D 和 X 射线的入射角 θ 之间的关系式为：$2D\sin\theta = n\lambda$(n 为任一正整数)，这就是著名的布拉格公式。1915 年，父子俩获诺贝尔物理奖。瑞典物理学家西格巴恩又把冯·劳厄和布拉格的一系列的新成就和英国物理学家莫塞莱发现的原子序数定律综合起来，制造了一个精密的仪器，又采用布拉格的上述公式发现了一系列相似的新的 X 射线，建立了《X 射线光谱学》。1924 年，西格巴恩又得了诺贝尔物理奖。由以上这些事实可以非常明显地看到，由新相似因素组合就会出现更多的新形式，参加的条件越多，出现的相似形式就越多。美国物理学家康普顿又发现，当 X 射线为物质所散射时，散射波中会出现波长增大的这种偶然性。他详细研究了它的过程，设想是由于 X 射线具有粒子特性的结果，后来被实验所证实，定名为康普顿－吴有训效应。1927 年，康普顿也获得了诺贝尔物理奖。1964 年，多罗西·克劳富特·霍奇金研究了 X 射线，把已发现的 X 射线的特性原

理用在测定主要的生物化学物质结构上，也获诺贝尔奖。最近，美国的科马克和英国的电子工程师又把X射线的特性结合电子计算机，创造出了X射线层析图像技术，成为一种新型的X诊断医疗工具，1979年同样也获得诺贝尔生理学奖。以上事实说明，只要是能和物质基本结构有联系的那种带有普遍相似性的现象的发现，必将会和其他的有关科学自然而然的发生相互联系，这种相似性的发现必然一环套一环出现。所以相似又是客观运动的规律又是方法，我们自觉应用这个规律和方法，将会开扩我们的科学视野，提高我们的预见性，引导我们获得伟大的成就。

在工程技术中，相似性思维也被人们广泛地加以运用，如现在广泛采用的模型学、模拟技术和仿真技术大都是建立在物理相似三定理基础上的应用或推广。这方面的理论已为很多书本所详细论述了，本文只从思想起因和作用上加以概述。由于人们在研究力、质量和加速度的过程中感到相似性是一个较为普遍的问题，牛顿早在1686年就想要建立一个论述物理中相似性的数学模型，到了1848年才由法国的别尔特兰(J. Bertrand)确定了物理相似现象的基本性质，即相似第一定理。其基本思想即，假如两个物理体系相似，它们必须由同一方程式描述，各变量之间并保持一定的比例即相似常数。1925年，由阿法那赛夫－爱林费斯特建立了相似第二定理，主要的意思是：相似现象群遵循着同一的由相似准则和简单数群(即同类物理量之比值)所组成的方程式。后来苏联M. B. 基尔皮契夫等建立了判别物理现象相似的必要和充分条件的相似第三定理，其主要意思是：如二物理体系的单值条件相似(即几何条件相似，物理条件相似，边界条件相似)，而且由单值条件中各量所组成的相似准数(决定性相似判据)相等，则这两个体系是相似的。由于物理学中相似三定理的日益完备，所以大量应用于造船、航空、火箭、桥梁、建筑的设计、试验中，大大地节约开支，使工期显著缩短。物理中的模拟方法的好处在于能更准确地反映过程的主

要特征，排除干扰，找到关键问题之所在。由于电子计算机的出现，仿真技术或模拟技术已经是现代工程技术中的不可忽视的主要手段了。

以上的事实说明，物理科学的发展在某种意义上讲是相似原理的发现与运用。所有的新发现都和原有的基础分不开，都是一个相互套在一起的由小到大、由低级到高级的相似形，或者是综合各种相似单元构成的一个体系。所以在我们生活中司空见惯相似现象的后面都有很多深奥的原因联系着。大自然经常把现象展示于人们而将原理隐蔽着，就是叫人们去思考，去寻找，谁能发现这个谜底谁就能识破大自然更多的迷，谁能寻到这个瓜藤，谁就能找见更多的果实。前人无数的实践都证实了这个道理。相似现象至少是这个瓜藤，物理学中的实践和思维方法也是自觉和不自觉的沿着相似轨道前进的，许多重要创造过程就是相似性思维的过程。

(二)在化学发现中的作用

1869 年 2 月 17 日在化学和整个物质学说上出现了一个伟大的发现。俄国化学家门捷列夫完成了《依据元素的原子量和化学性质相似的元素体系的试验》，宣告了元素周期律的发现。这里，我们想谈的是在这一发现过程中相似性是怎样对他的思维起作用的。他在《元素性质和原子量的关系》一文中写道："最初在这方面所做的尝试是这样：我从最小的原子量选取了元素，并把它们按原子量大小的顺序排列，发现元素的性质好像存在着周期性，甚至元素的化合价也是一个接一个按它们原子量的大小形成算术的序列。

Li=7	Be=9.4	B=11	C=12	N=14
O=16	F=19	Na=23	Mg=24	Al=27.4
Si=2.8	P=31	S=32	Cl=35.5	K=39
Ca=40	Ti=50	V=51		

在原子量超过 100 的元素中,遇到性质十分相似的连续行列:

Ag = 108　　Cd = 112　　In = 116　　Sn = 118　　Sb = 122

Te = 125　　I = 127

发现 Li,Na,K,Ag 和 C,Si,Su 或 N,P,V 等等一样,性质彼此相似,立即产生假设,元素的性质是不是表现在它们的原子量上,能不能根据它们的原子量建立元素体系?"正是由于注意到了上述那种相似性,才使他产生了把元素原子量及其化学性质联系起来考虑去建立元素体系的想法,这恰恰是通往发现元素周期表的"智力上的跃进"! 他说:"在相似的对比和意见中可以看到对周期规律的真实的暗示和召唤。"两年之后,门捷列夫在回顾这一发现过程时写道:"不相似元素及其化合物的性质与元素原子量的周期性依赖关系,只有在相似元素的周期性被证明以后才有可能建立起来。"他在《化学原理》一书再一次强调:"尽管元素区别很大,但研究结果使我们能够捉摸到它们之间的某些相似之处,这证明有支配各种实物的极其不同的化学变化的一般规律存在。""从变化中和局部中找出不变的同一和普遍,这是认识的基本任务。"

我们再从另外一个角度来看,影响门捷列夫发现元素周期律的,正是前人提出过的类似理论。门捷列夫周期律未发现以前,英国人奥德林和牛兰兹分别在 1864 和 1866 年先后发表过元素体系表。他们都把五十多个元素按原子量递增的顺序排列,从而得出性质相似的一些元素组,已经意识到元素的性质随原子量的递增而出现周期性变化的现象,但并没有认为其中有着必然的联系。他们没有看到,在相似性的后面往往隐藏着规律,这是阻碍他们做出进一步发现的重要因素之一。而门捷列夫则不然,他说:"我也曾经像我的前辈们一样,把同族的相似元素当作为数不多的例外情况,但是,我有目的地提出了研究各族相互关系中的规律性。这样,我就得出了上述一般原则,并把这个原则应用于所有的元素,它包括许多以前曾指出过的相似性,并且还包括从前认为是不可

解的那些结果。"即发现了周期性的横向相似性。所以,伟大的创造和发现有很多都是一方面继承了前人发现的纵向相似性,又在此基础上增加自己的综合,发现横向相似性而取得成功的。以前的化学家只见到了一族中的相似性,而没有见到周期性横向相似性,它的发现乃是门捷列夫的伟大功勋之所在。

我们再从另外两位获得诺贝尔化学奖的科学家的成果来看相似性对发现者的重要性。德国化学家,汉斯·菲舍尔于 1930 年获诺贝尔化学奖,他一生中化学方面的研究成果是很多的,但最重要的是研究出了血红素的结构并完成血红素晶的研制,发现了化学结构与吡咯相似的有机物都可用来提取血红素晶。菲舍尔用了八年多的时间经过充分的反复试验和分析,了解到血红素的结构是一种铁的卟啉化合物,而卟啉是一类带有四个吡咯环结构的红色化合物,四个比吡咯环通过它的 α-碳原子以四个亚基桥(=C-)连接,因而有这样相似结构的有机物都能成为制造血红素晶的来源。这一发明为人类造福匪浅。更使人惊叹的是,菲舍尔又经过多年的艰苦研究发现了植物的叶绿素的结构,并且证明叶绿素和人的血红素在结构方面有惊人之相似之处。他证明了叶绿素是含镁的卟啉络合物,而人的血红素是含铁的卟啉络合物。菲舍尔为什么有这样的想法呢? 主要是因为,他在研究中看到血红素和叶绿素都能对氧和二氧化碳起到活性酶的作用。菲舍尔解决了血红素、叶绿素的结构相似性以后,自然留下了另一个问题,就是叶绿素和光的动态反应与动物线粒体在呼吸链的动态反应有没有相似性呢? 这就成为后来的英国化学家 P. 米切尔日夜思索的问题。米切尔在上述成就的基础上又进一步研究,再从化学家戴维·开林对动物、植物和微生物的细胞色素系统的研究中形成的"呼吸链"概念得到有力的启示,并根据这个线索提出了他的化学渗透说。米切尔本人和众多的科学家一起做了大量的实验,最后和菲舍尔成果相对应,证明了植物的叶绿素非环状光合氧化还原链和动物

线粒体呼吸链，以及由这些系统所引导出的可逆 ATP 酶的过程是有惊人的相似性的。这个意义重大的学说得到后来大量的科学成果的证明，因而荣获 1978 年诺贝尔化学奖。此外，60 年代最有影响的福井－霍夫曼轨道对称性原理的发现，就是看到了化学反应过程中相互作用分子轨道有相似的对称性而发展起来的理论，这为有机反应提供了一幅条理清晰的图式。在化学发现中，类似的情况还可以举出很多。我记得澳大利亚科学家、著名的科学研究方法论者贝弗里奇说过一句发人深思的话，“独创性常常在于发现两个或两个以上研究对象或设想之间的联系或相似之点。”这的确是一句具有深刻意义的话。

（三）在生物学发现中的作用

下面我们再来看看相似性思维在达尔文建立生物进化论中的作用。他说：“当在‘贝格尔’号上航行期间，我曾留下一些深刻的印象：我在南美大草原的岩石中发现过带甲的巨大的动物化石，它的甲壳就像现存犰狳的甲壳；其次，全洲自北而南，类似的动物的形貌递相不同（即逐步有所变化）；另外，加拉巴哥斯群岛的大多数生物都具有南美洲的特征，而各岛上的生物形貌都略有不同（即差异甚少）。”他认为，这些十分相似的物种的存在“只能以这样的假设加以理解，即：物种是逐渐变化的。这一课题常常盘踞着我的心头。”他还写道：“‘贝格尔’号上的航行，乃是我生平最重要的事件，它决定了我的整个生涯。”是对事物中大量相似现象的观察使他摆脱了物种不变的旧观念，并进而认为在这普遍的相似现象后面，必然存在着统一的规律和机制。他又是怎么去解决这个问题的呢？1837 年回到英国以后，达尔文找到了与这一问题相似的理论，即赖尔（C. Lye11）的进化论地质学的思想。在这个思想的启发下他开始收集动物、植物在驯化或自然情况下的各种变异现象，并对养鸽俱乐部中 150 种不同品种的鸽子和家养动物中的马、驴、猪、狗、

羊进行一系列研究。这使他初步得出一个结论:家鸡起源于原鸡、家鸽起源于岩鸽,是人工选择的结果。原鸡会飞,家鸡不会飞;原鸡下蛋少,家鸡下蛋多;原鸡肉少,家鸡肉多。他逐步了解到,动物由自然环境到家养环境的条件变化是动物变异的原因。这大量的类似现象使他归纳出了"人工选择"的理论。那么,达尔文又是怎样由人工选择的理论转而把进化的基本作用归之于"生存斗争"所导致的自然选择呢?他看到,人工选择下的物种变异和自然状态下的物种变异,在变异这点上说来是相似的,然而,前一情况下的变异是人有意识或无意识地选择的结果,在自然状态下并没有人的干预,物种为什么会进化呢?这个问题的解决也借助于相似现象的启发。他说:"1838 年 10 月,就是我开始作系统调查的 15 个月以后,我偶然阅读马尔萨斯《人口论》来作为消遣,并且由于长期不断地观察动物和植物的习性,我具备了很好的条件去体会到处进行着的生存斗争,所以我立刻觉得在这样的环境条件下,有利的变异将被保存下来,不利的变异将被消灭。它的结果大概就是新种的形成。我终于得到了一个可以用来指导工作的理论。"我们从达尔文原话中可以看到:他先是从家养的动物、植物中看到人工驯养的生态环境、条件的变化,是动植物变异的原因。可是自然状态下物种的变异和新物种的出现又是怎样形成的呢?当他读到马尔萨斯人口论中关于人口的过度增长、食物的不足必然会导致战争、饥饿、瘟疫来除去那些体力不足、抵抗力差、能力低的那些过剩的人口时(马尔萨斯的人口论当然有不当之处),达尔文发现人与人之间的这种自相残杀、博斗是和自然环境中的动物、植物之间的竞争和搏斗有相似之处的。存活下来的乃是能适应环境变化而有相对变异的优胜者,这使他认识到,他作环球航行时所看到的大自然中生物发生变异、出现新物种的原因是自然状态下的"生存斗争"。这就是他从赖尔的地质进化论中的相似性走到生物进化论的思维活动的过程。

DNA 双螺旋结构的发现是现代生物学一项惊人的成就。然而使人惊奇的是,这样一个划时代成就的发现者华生和克里克从开始研究到获得最后成功的时间前后都不到两年。很多报纸杂志都把这归于他们的不可理解的创造天才。这天才究竟是从何而来的呢? 现在我们还是从一些具体的事实来看看这一伟大发现中的思维过程吧。

1951 年秋,华生从美国来到英国剑桥大学卡文迪什实验室,与克里克合作研究 DNA 的结构。

在他们之前,从事有关工作的生物学家已做了卓有成效的工作。这些工作是:

1、莱文在 1909—1937 年间已初步确定了核苷酸的化学性质,托德(L. Todd)及其同事在 1945—1952 年间的工作已弄清了核苷酸之间键的性质。

2、卡斯帕逊(T. Caspersson)等人的工作(1938)已表明 DNA 是极大的分子。

3、从 1948 年起,查尔加夫(E. Chargaff)与威特(G. Wyatt)确定了 DNA 的嘌呤与嘧啶碱基的数量关系。

4、DNA 的遗传学意义为艾弗里(O. Avers)等(1944)以及赫希尔(A. Hershey)与蔡斯(M. chaes)于 1952 年的工作所肯定。

5、鲍林与哥里(Corey)关于多肽 α 螺旋的结构模型及其在蛋白质上的证实。

6、柯兰(W. Cochran)与克里克由 X 射线的衍射原理对各种螺旋结构进行分析之后,阐明了 X 射线的结构理论(1952)。

7、阿斯布勒与贝尔(F. Bell, 1983),鲍尔金斯与戈塞林(R. Gosling)的 X 线工作表明 DNA 结晶纤维的碱基是堆集的。

8、福尔柏格的核苷结构表明碱基垂直于糖(1949)。

9、魏尔金斯与斯托克(A. Stoke, 1951)从 X 射线的数据已推断出 DNA 是螺旋形,并初步计算了螺旋的直径及螺距。

10、费兰克林与戈赛林的 DNA 水合作用的 X 射线研究显出有 A 型与 B 型，而且表明糖－磷酸骨架是在外面，碱基在内面，并且显示这种分子是双链或三链，有对称轴(1951—1953)。

11、古伦德(J. Gu1land,1948)及其同事已提出碱基之间由 H 键连接。

12、碱基的正确的互变异构体，多诺休(J. Donohue)曾向华生与克里克提出(1953)。(1—12 据胡文耕《自然辨证证通讯》1981 年第 2 期第 18 页)

尤其值得一提的是罗莎琳、弗兰克林对 DNA 结构的研究工作，为华生、克里克提供了极为有用的材料。在我们看来，科学家们就像在赛跑一样，大家都在向着解开这遗传之谜的目标迅跑。不过，科学家的赛跑却大都是像接力赛一样，在达到终点目标以前都在努力跑完自己的一段路。华生和克里克是有幸接过这最后之一捧，以更为迅猛的速度达到了终点的优胜者。我们在这里是想探索华生和克里克在科研几次失败中如何找到了正确方向，而很快到达终点的。

我们从很多文献中可以看到，他们走过的路径是这样的：1951 年华生和克里克设想 DNA 结构模型是三链螺旋的，他们两人主观上自认为 DNA 三链结构是完全正确的，并极其乐观地向皇家学会通报了这一成果。但很多科学家的论证和实验数据都证明了他们的主观认识和真实的 DNA 结构相差很大，DNA 三键结构迅速被否定了，这使他们有点心灰意冷。以后不久，华生转而去研究烟草叶病毒，克里克回到蛋白质的研究工作。是什么力量又把他们思想的火炬重新点燃的呢？是从同一办公室著名化学家鲍林的儿子彼得·鲍林从那里知道老鲍林建立了 DNA 模型，与他们一年前建立的模型相似。“于是便以更大的热情和毅力重新投入建立 DNA 结构模型的工作”。但是，在重新投入这一工作中又遇到了困惑，即究竟 DNA 键是几链的。三链虽然被否定了，可是还有一

链、二链、四链的可能，究竟是那一个呢？这时相似性的类比在华生的思维中又起了作用。作为遗传学家，他深深知道，生物抗体在结构上的成对性是个普遍的现象。生物的器官大多是成对或对称的，染色体也是成对的。另一方面，他看到弗兰克林 DNA 的 B 型照片，与双螺旋结构的照片又是相似的，这使他把链数确定为二，这是关系到成败的至为关键的一步。此外，华生还遇到另一些难题：第一，两链结合在一起的是碱基的堆集力还是 H 键的结合力呢？第二，A、C、T、G 如何配对的（A 是腺嘌呤，C 是胞嘧啶，T 是胸嘧啶，G 是鸟嘌呤）。虽说只有四种，可是却有十六种配对的可能。究竟是那种呢？当时华生是采用了同配的方式，与前人的主观认识有相似之处。但经过计算，"使两条链表现出结晶学上的 34 埃的重复螺旋距，就只有当每条链隔 68 埃有个完全的旋转才行，这意味着连续的碱基之间的转动角只能是 18 度。这个数值，克里克的实验已证明绝对不可能。"即是说同配的思想和真实的客观实际相似性太小。这个事实不得不使华生改变方向。这时同一办公室有一经验丰富的鲍林的老同事指出，他们按教科书采用的方法——烯酸型的配合方式在有机化学中是很少有的形式，而碱基的酮型才是最通常的相似形式。由于上述二个原因，就"否定了克里克 H 键移动频率相等的假定"，使他们迅速改变了错误的方向，而走向正确的以 H 键形成稳定的碱基配对的正确模型。但到底这条链的各个环节是怎样形成一个整体的呢？经过了一系列的排列、组合试验，华生"察觉到由两个 H 键保持在一起的 A—T 配对至少与由两个 H 键保持在一起的 G—C 配对在形式上是完全相同的，所有的 H 键似乎都是自然形成的。""而 H 键的要求意味着腺嘌呤总是与胸腺嘧啶配合。"完全符合查尔加夫经过大量实验所确定的鸟嘌呤只能与胞嘧啶配对的规则。同时，这样配对的链又呈现出那么和谐带有周期的相似性，这对复制格式是美妙的一幅图案。1953 年 2 月 20 日这一天，华生和克里克终于跑完了科研

接力赛跑中的最后一捧，胜利地到达了终点。在这一重大的科学的发现过程中，我们不难见到相似性所起到的关键作用。第一，在选择正确的双链结构模型时有两个因素起了关键性的作用：其一是华生看到了弗克兰林的DNA纤维的B型照片与他经验中双螺旋结构的图形相似。另一方面，华生又进而想到生物界从机体器官到染色体都是成对这个相似现象。这就指引他选择了成对的双链结构。二、华生和克里克正在为DNA结构配对而犹豫不决时从有经验的多诺休那里获得信息，碱基的酮型配对方式是生物化学中一种普遍的相似形式，而原来他们采用的是烯醇型的配对方式。多诺休认为，那是有机化学中的一个少有的形式。这使他们想到，这在生物大分子的DNA结构中可能也是相似的，因而迅速改变了原来那种不正确的烯酸型的配对方法。第三，华生原是研究生物化学的，转而把遗传学、物理学、化学、数学、结晶学、X射线衍射技术都贯通起来，这样的知识结构就能和DNA结构本身所包含的原理相互匹配起来，才有可能真正系统地认识被研究的对象。列宁说："思维的规律不是只有主观意义，也就是说，思维规律反映对象的真实存在形式，和这些形式完全相似，而不是不同。"(见列宁《唯物主义和经验批判主义》，人民出版社，363页)要使我们思维和客观实际要完全相似，那么，研究人员的知识结构也一定要和制约研究对象的原理多样性具有高度的相似之处，否则就很难正确认识事物的本质从而取得大的成就了。

(四)在数学发现中的作用

恩格斯说，"数和形的概念不是从其他任何地方，而是从现实世界中得来的"。就是说，数学起初是以现实世界的事和物为模本，用抽象的方法去找与之对应的相似关系和相似图形的。这个思想一直是数学发现、数学应用的基本点。几何、三角为什么能在埃及发展得较好呢？就是因为尼罗河的泛滥使得人们不得不重新

丈量土地，还要研究太阳、行星对地球的角度，以便知道季节的变化和洪水的来临。把土地的划分和丈量模型化就是几何的萌芽。研究天体所在的角度和位置的关系的模型化就是“三角学”的萌芽。当时世界上最有影响的柏拉图学派认为，世界上的事物均可以用数来表示。当时他们的信条就是：“万物皆数也”，“如果没有数和数的性质，世界上任何事物本身或其与别的事物的关系都不能为人所清楚了解。”从这里可以看到，数学家把数和事物看得多么相近，多么密不可分了。后来法国杰出的哲学家、物理学家和数学家笛卡尔发现了几何与代数有互通的相似性，即可以方程来表示和研究几何图形，开创了解析几何。几何和代数的结合又为以后的微积分的发现打下了良好的基础。拉格朗日认为，能把几何和代数之相似处结合起来互相取长补短，数学的前进就快，反之则慢。微积分的出现为解决某些运动过程提供了相似的模型，恩格斯认为这是一次数学上很重大的变革。数学发展到今天，微分几何学、拓扑学、模糊数学也都和相似性有密切关系。就是数学的最新分支——突变理论的建立也同样是离不开几何的相似性的。如，突变理论中的模型就有尖顶突变、燕尾突变、蝴蝶突变、双曲脐型突变，抛物型突变等。突变过程的规律还不是和某些几何形状和性质有相似性吗？哪怕是数论中著名的哥德巴赫猜想，也还是根据相似性提出来的。这里不妨简要引用当代数学家波利亚所著《数学与猜想》一书中的原话：“哥德巴猜想是正确的吗？至今没有人能回答这个问题。尽管一些伟大的数学家做出了巨大的努力，然而哥德巴赫猜想在今天仍然像在欧拉时代一样，始终是一个我们所熟悉的但不能证明或推翻的关于数的许多性质之一。现在，让我们回过头来看看，并试着从上面的推理当中看出可以作为归纳过程的典型步骤。首先我们注意到了某些相似性，看到 3，7，13 和 17 是素数，10，20 和 30 是偶数，同时这三个等式：$3+7=10$，$3+17=20$，$13+17=30$ 之间彼此有类似的地方。尔后是一个推广

的步骤，从3,7,13和17这些实例扩大到所有的奇素数，从10,20和30扩大到所有的偶数，然后继续推广而得到一个可解的一般关系式：偶数=素数十素数”。

波利亚认为，以上的猜想再经过“支持性的联想”和更多的推广与证实，表明这个猜想可能成立。同时波利亚还认为，在数学发现中，合情推理的归纳方法是：在经验和信念的基础上，第一步是观察到客观事物某些相似性而产生的所谓启发性联想；第二步是在前面的基础上获得更多更广泛的证实即所谓支持性联想，使原有的命题更加可靠。这就是数学发现的一般归纳过程。

另一位著名数学家、哲学家罗素在他的《数理哲学导论》中给数下的定义为：“所谓数就是某一个类的数。”又说所谓一个类的数是所有与之相似的类的类。他还说，相似的关系或类似性问题这个问题在数理哲学中很重要，然而至今不曾得到足够的认识。

数学家兼教育学家波利亚在《数学与猜想》一书中也说：“数学被人看作是一门论证科学。然而这仅仅是它的一个方面。以最后确定的形式出现的定型的数学，好像是仅含证明的纯论证性的材料，然而，数学的创造过程是与任何其它知识的创造过程一样的。在证明一个数学定理之前，你先得猜测这个定理的内容，在你完全做出详细证明之前，你先得推测证明的思路。你先得把观察到的结果加以综合然后加以类比。”“这个证明是通过合情推理，通过想象而发现的。”“不论是在初等数学、高等数学中的发现，或者在任何别的学科中的发现，恐怕都不能没有这些思考过程，特别是不能没有类比”。波利亚更引证了开普勒对数学的名言——“我们珍视类比胜于任何别的东西，它是我最可信赖的老师，它能揭示自然的秘密”。更使人注意的是他对类比的解释，他说：“类比是某种类型的相似性。我们可以说它是一种更确定的和更概念性的相似。但是我们可以把话说得更确切些，类比和其它类型的相似性之间的本质差别，在我看来在于思考者的意图。相似对象彼此在某些方

面带来一致性。假如你想把它们的相似之处化为明确的概念，那么你就把相似的对象看成可以类比的。假若你成功地把它变成清楚的概念，那么你就阐明了类比的关系”。另一位著名的苏联数学家 D. 莫达克海波尔托夫在《数学思维心理学》一书中说道：“数学思维的才能在于人有无‘智慧的敏锐性’”。他对智慧的敏锐性的见解是指把两个不相联系的思想领域内的一些概念“纳入统一观点”的一种能力，从已知事物中发现有什么相似之处的一种能力，在一些关系最远的领域和在一些显然是十分混杂的对象中寻找出有什么相似之处的一种能力。所以，就是在数学这门严格的科学中相似性问题仍然是极为重要的。

（五）在横断学科创立过程中的作用

近几十年来出现的交叉科学，如生物化学、物理化学、计算化学、量子化学都是找到了两种学科中的相似性而发展成的体系。

横断性学科，如系统论、控制论、信息论、协同学的出现同样离不开基于相似性的思维。

系统论的创始人贝塔朗菲说，一般系统论的基本任务之一是“在揭示不同现实领域的规律的同型性基础上，为现代科学知识的综合创造基础”。他说的是什么呢？苏联系统科学家认为，所谓的“同型性”，“即理论模型在结构上相似的问题”。贝塔朗菲又认为，“任何一般规律实际上就是指受到它作用的客体之间的某种类似性，使用正确的类似性，乃是基本的科学方法之一”。再来看看控制论的创始人对控制论的定义。维纳说，“我把控制论定义为关于控制和通讯的科学，无论对于机器或者生命机体都是一样。”“通过比较揭示出机器和生命机体两个截然不同的系统的相似性”。“我用‘控制论’这个词标识这一个问题领域是出自一个简单的原因，我在今天的生物科学和工程科学进行研究的那些过程中，找到了许多相似的东西，因而力图使用这样的词汇，把不同的东西的相似

性表示和指明出来。否则在这一领域进行的工作就会混杂不齐并缺少对问题最基本的共同性的理解。我的目的就在于把各个科学领域中进行的努力联合起来,使它们都致力于对相似的问题的划一的解决。"

再看看协同学的创始人 H.哈肯的主要观点。他在协同学一版的序言中谈到此书的主要任务和目的时说了下述发人深思的话:"近年来,越来越清楚地看到,物理系统和化学系统中存在大量的例子:具有充分组织性的空间结构、时序结构或时空结构从混沌状态产生出来。"而"这些结构是自发地发展起来的,它们是自组织的。但使许多科学家惊奇的是,当大量的这类系统从无序状态变为有序状态时,它们的行动显示出引人注目的相似性。这一点有力地表明,这类系统的功能作用遵循同样的基本原理。在这本书中,我们想要解释这类基本原理和基础概念,并介绍用来妥善处理它们的数学工具。"

从贝塔朗菲、维纳和哈肯的一系列言论我们可以看到这样一个事实:N.维纳的控制论是在论述机器和生命机体两个截然不同的系统的相似性;H.哈肯的协同学是建立在物理系统和生物系统自组织过程中时序结构、时空结构从微观到宏观的相似性上;而系统论则要努力去寻求最一般、最普通、最能符合客观系统中相互联系的同型性(亦即形式结构和功能的相似性)。可以说,这些横断学科的开创契机都在于对不相干领域的相似现象的认识,而相似性思维的方法又具有这些学科的方法论的性质,它们所要了解的也正表现为对相似性的客观规律的统一性的认识或应用方法。

我们根据上述科学发现中一系列的事实为根据,不能不得到这样的一种认识,即在一定的意义上说,规律寓于相似性之中。

相似性思维可能在某些心理学者看来等同于心理学中联想学派的相似律。我们认为,各心理学派对人的认识过程都从各自的

研究中掌握了某个侧面。联想学派中的相似联想律，我们认为是有根据的。但相似性联想不等于相似性思维。相似联想只是人所联想的往往与引起联想的东西相似，但大脑的思维不仅是把相似的东西相互联系起来，更重要的是在记忆中的众多相似信息中加以选择并且使问题得以解决。有关这方面的论述请见《相似论》中的有关章节。

本文主要说明的是科学技术中的相似性思维(文学艺术的情况也与此有相似之处，将另文讨论)。相似性思维是一种具有普遍适用性和高度创造性的思维类型，它可以为人工智能所模拟，也可以为科学家创造性解决问题提供一种模式。事实上，相似思维的普遍性已暗示我们，它并不是一种纯粹主观的认识方法。正像列宁所说的，"思维规律不是只有主观的意义，也就是说，思维规律反映对象的真实存在形式，和这些形式是完全相似，而不是不同。"可以说，相似性思维正是人脑对客观实在普遍存在的相似性的反映形式。人由此而产生的经验之所以有用，历史之能为后世所借鉴，均基于事物在发展过程中存在着的相似性。正如莱布尼茨所说，"只要你想到了相似性，你就想到了某种不止于此的东西，而普遍性无非就在于此"。列宁认为，这种相似性深刻地体现了自然界的统一性，所以他称莱布尼茨的相似观是特种的辩证法就是完全可以理解的了。相似论的任务之一，就是要发挥列宁的上述思想，从相似这个侧面来对自然界的统一性作进一步的探索。另一方面，社会现象也呈现着惊人的类似。列宁早就对此作过精辟的表述。维柯和李约瑟等人的著作也用了许多事实对社会领域中这种普遍的相似性作了具体的论述。事实上，社会现象不过是统一的宇宙现象的一部分，它所表现的相似性和自然界的相似性以及作为其中介的思维相似性是一致的。我们还想从相似性这个侧面来研究唯物辩证法的对立统一规律，更具体地揭示各种现象领域的规律的内在同一性。正是基于上述认识，相似论把探讨在科学、社会领

域中各种现象的相似性也作为自己的研究方向。当然,无论自然,社会还是思维领域的相似现象所普遍遵循的规律可能具有相似的形式。对这种形式及其规律探讨正是相似论力图达到的最终目标。

就我的想法来说,是想遵循钱学森教授的指导,从思维入手去探讨相似性问题。如果把思维这种最高级的运动形态弄清楚了,一定会有助于弄清与相似性有关的其它领域的问题,其中也包括为唯物辩证法提供科学层次上的解释。比如,相似性与中介、相似性与事物间的联系、相似性与事物的发展过程等等。

相似论作为一个学说,还只是刚刚降生于地的婴儿,它当然有这样或那样的不足。我们热诚欢迎来自各方面的建议和批评,更欢迎有更多的同道一同来从事这方面的探索。

(张光鉴)

参考文献

钱学森:《开展思维科学的研究》;《关于思维科学》;《关于"第五代计算机"的问题》;《思维科学》1985年第1、2期;《论系统工程》,湖南科技出版社1982年版。

《马克思恩格斯选集》第一、二、三、四卷,人民出版社1972年版。

列宁:《哲学笔记》,人民出版社1956年版;《唯物主义和经验批判主义》,人民出版社1950年版。

爱因斯坦:《爱因斯坦文集》第一、二、三卷,商务印书馆1976年版。

A.爱因斯坦、L.英费尔德:《物理学的进化》,上海科学技术出版社1962年版。

M.玻恩:《爱因斯坦的相对论》,河北人民出版社1961年版。

李家熙:《狭义相对论与爱因斯坦》,四川教育出版社1985年版。

李约瑟:《中国科学技术发展史》,科学出版社1975年版。

胡文耕:《发现DNA双螺旋结构的方法论问题》,《自然辩证法通讯》1981年第2期。

刘茂才、查有梁:《过程论、中介论、相似论》,《社会科学研究》1985 年第 4 期。

蔡挺:《相似理论与模型试验》,中国农业机械出版社 1982 年版。

H. 哈肯:《协同学》,原子能出版社 1984 年版。

G. 波利亚:《数学与猜想》第一卷、第二卷,科学出版社 1984 年版。

《自然杂志》增刊,《1977、1978 年诺贝尔演讲集》,上海科学技术出版社 1980 年版。

T. L. 吉尔克里斯特:《有机反应与轨道对称性》,上海科学技术出版社 1981 年版。

N. 维纳:《控制论》,科学出版社 1985 年版。

W. 1. B. 贝弗里奇:《科学研究的艺术》,科学出版社 1979 年版。

M. 克莱因:《古今数学思想》,上海科学技术出版社 1979 年版。

M. 奥钦、H. H. 雅费:《对称性,轨道和光谱》补编,科学出版社 1982 年版。

乔治·波利亚:《数学的发现》,内蒙古人民出版社 1980 年版。

凌永乐:《化学元素周期律的形成和发展》,科学出版社 1979 年版。

B. M. 凯德洛夫:《化学元素概念的演变》,科学出版社 1985 年版。

G. 克劳斯:《从哲学看控制论》,中国社会科学出版社 1981 年版。

M. W. 瓦托夫斯坦:《科学思想的概念基础 – —科学哲学导论》,求实出版社 1982 年版。

《诺贝尔奖金获得者传》一、二、三卷,湖南科学技术出版社,1983 年版。

A. 涅克拉索夫:《达尔文传》,湖南人民出版社 1983 年版。

《外国理论家作家论形象思维》,中国社会科学出版社 1979 年版。

徐崇温:《西方马克思主义》,天津人民出版社 1982 年版。

杜任之等:《现代西方著名哲学家述评》,三联书店 1980 年版。

周林等:《科学家论方法》,内蒙古人民出版社 1983 年版。

任继愈:《中国哲学发展史(先秦)》,人民出版社 1983 年版。

敦尼克等:《哲学史》第六卷,三联书店 1982 年版。

T. 杜布赞斯基:《遗传学与物种起源》,科学出版社 1982 年版。

M. 翟凯利:《从 DNA 到蛋白质——遗传信息的传递》,人民卫生出版社 1982 年版。

J.L.弗里法曼、D.O.西尔斯、J.M.卡尔史密斯:《社会心理学》,黑龙江人民出版社 1984 年版。

J.N.达维生:《核酸的生物化学》,科学出版社 1973 年版。

李汝奇编著:《发生遗传学》,科学出版社 1985 年版。

陈昌曙:《自然科学的发展与认识论》,人民出版社 1983 年版。

周昌忠编译:《创造心理学》,中国青年出版社 1983 年版。

王屏山、傅学顺:《数学思维能力的训练》,广东人民出版社 1984 年版。

贺仲雄:《模糊数学及其应用》,天津科学技术出版社 1983 年版。

加德纳等:《近代心理学历史导引》,商务印书馆 1982 年版。

姆·格·雅罗舍夫斯基、勘伊·安齐费罗娃:《外国心理学的发展与现状》,人民教育出版社 1981 年版。

杨清:《现代西方心理学主要派别》,辽宁人民出版社 1980 年版。

高觉敷:《西方近代心理学史》,人民教育出版社 1982 年版。

W.C.丹皮尔:《科学史——及其与哲学和宗教的关系》,商务印书馆 1979 年版。

《自然辩证法通讯》杂志 1980 年 2、4 期,1981 年 2、4 期,1982 年第 2 期。

《语言讲究》1982 年第 2 期。

《科学与哲学》1980 年—1983 年各期。

4 论相似性形象思维在文学艺术创作中的作用

引 言

有很多人认为，文学艺术的思维方式主要是形象思维，而科学家的思维主要是逻辑思维。这方面较为有影响的要算苏联的著名作家法捷耶夫，他明确地提出："科学家用概念来思考，而艺术家用形象来思考。"这和五十年代初苏联很有影响的一派文艺理论家提出的观点——"概念是逻辑认识（思维）的基本形式，它与理论的科学的方法有着不可分割的联系。形象是艺术认识（思维）的基本形式，它与艺术创作方法有着不可分割的联系。"（见《文学概论》第141页）是一脉相承的。如此看来，好像文学家、艺术家与科学家之间的思维形式很少有共同性。但随着人们对自身思维研究的逐步深入，有人对上述观点提出了不同看法，开始认识到，科学家、工程技术人员在科学、技术中的创造过程和文学艺术家在文学艺术中的创作过程在思维方法和规律上有很多共同的地方。其中一部分人进而主张，把目前科学技术方法论中广为流传的系统论、控制论、信息论、协同学等引入文学艺术理论体系，以改革文学艺术理论，使之适应现代化的要求。文学、艺术向科学寻求根据和方法，总的看来还是有意义的事情。但从目前发表的关于将"三论"引入文艺理论研究的文章看，有些还可以理解，并有一定水平，但大部分文章总使人觉得过于生硬和不太协调。不管是从事文艺理论还是从事科学理论的同志，很多人对以上看法均有同感。我们对此

有以下两点看法：其一，因为系统论、控制论，信息论就是从事科学技术工作的同志大部分也还只是了解与本专业有关的部分，体会还不深，其实质和意义尚有待于进一步探讨，所以要求搞文学、艺术的人把“三论”弄懂并融会贯通困难就更大了。要想改善目前这种情况，笔者有以下初浅的看法：即一方面还是要从传统的文艺理论中去进行深刻的分析和研究，正确地进行扬弃和取舍，使已有的文艺理论逐步完善。正如鲁迅所说的，“我已经确切的相信：将来的光明，必将证明我们不但是文艺上的遗产保存者，而且也是开拓者和建设者。”(《集外集拾遗》,《引玉集》后记)。另一方面，文艺理论也应该从科学中汲取切合自身需要的思想方法。但不能只满足于机械地搬用一些概念或术语，而忽略了对这些新的科学方法的起因、本质、和目的的探索和研究，否则就很难将其应用到文学艺术理论研究领域中去，达到使之现代化的目的。

因此，我们不妨以系统论、控制论、信息论和协同学的倡导者和研究者的原话为根据，来看“三论”和协同学的建立是在解决什么问题，它们研究的实质究竟是在哪里。这乃是文学艺术向科学技术学习、借鉴之前不得不考虑的首要问题。现分述如下：

系统论的创始人贝塔朗菲说，一般系统论的基本任务之一是，“在揭示不同现实领域的规律的同型性基础上，为现代科学知识的综合创造基础。”他说的是什么呢？苏联系统科学家认为，所谓的“同型性”亦即“理论模型在结构上相似的问题”。贝塔朗菲也认为，“任何一般规律实际上就是指受到它作用的客体之间的某种类似性”。

再来看看控制论的创始人维纳对控制论是如何定义的：“我把控制论定义为关于控制和通讯的科学，无论对于机器或者生命机体都是一样。”“通过比较揭示出机器和生命机体两个截然不同的系统的相似性。我用‘控制论’这个词标识这一个问题领域是出自一个简单的原因，我在今天的生物科学和工程科学进行研究的那

些过程中，找到了许多相似的东西，因而力图使用这样的词汇，把不同的东西的相似性表示和指明出来。否则在这一领域进行的工作就会混杂不齐并缺少对问题最基本的共同性理解。我的目的就在于把各个科学领域中进行的努力联合起来，使它们都致力于对相似问题的划一的解决。”

再看信息论的创始人申农，他原是美国电话研究所的数学家。信息论起源于他于 1948 年在《贝尔系统技术杂志》上发表的论文——《通讯的数学理论》。其目的是研究信源、信宿、信道以及编码、译码的问题。信源，就是信息的发送来源，信源可以是人、机器、自然界的物体。信道，就是输送信息的通道。它可以是有线的，也可以是无线的，可以是空间或是电离层。信宿就是信息的接受者，是人或是电视机、收音机等。编码就是把信息变换成信号的处理方法和规定，如莫尔斯电码方法等。译码就是把信息经过编码译成的信号还原为原来信息所包含的东西，可以是思想，也可以是其它内容。后来，信息论几经变化发展，卡尔纳普又提出了“语义信息”，成为提高信息有效性的重要内容。这和现代语言学中的语义学不也有了共同点了吗。

然后我们再来看看协同论的创始人 H. 哈肯的主要观点。他在《协同学》一版的序言中谈到此书的主要任务和目的时说了下述发人深思的话：

“近年来，越来越清楚地看到，物理系统和化学系统中存在大量的例子：具有充分组织性的空间结构、时序结构或时空结构从混沌状态产生出来。”而“这些结构是自发地发展起来的，它们是自组织的。但使许多科学家惊奇的是，当大量的这类系统从无序状态变为有序状态时，它们的行动显示出引人注目的相似性。这一点有力地表明，这类系统的功能作用遵循同样的基本原理。在这本书中，我们想要解释这类基本原理和基础概念，并介绍用来妥善处理它们的数学工具。”

从上述“三论”创始人贝塔朗菲、维纳、申农以及协同学创造人H.哈肯等人的一系列言论中可以看到如下事实,维纳的控制论的实质是在论述机器和生命不同系统的相似性;申农所开创的信息论则要研究不同领域通信系统中的信源、信道、信宿、编码、译码以及信息有效性等共有的相似性问题;协同学建立者H.哈肯是在研究物理系统和生物系统自组织过程中时序、时空结构从无序到有序、从微观到宏观过程中存在的一系列相似性问题。而一般系统论则要努力去寻找最一般、最能符合客观事物系统之间的“同型性”或类似性问题(即系统之间形式、结构、功能抽象的相似性)。

由上述情况可以看到,“三论”也好,“协同学”也好。其开创之契机都在于敏锐地发现并进而去研究具有普遍意义的相似性问题。其特点是从那些表面上看来差异很大、不甚相干的现象中寻找到隐藏在它们背后的深刻的同一性,即相似性。如果说我们的文艺理论研究要从这些科学理论中吸取些什么的话,那么,最根本的也正应该是去努力发现文学艺术领域里不同现象后面存在着的那些深刻的相似性。

在文学艺术领域的不同现象中是否也存在着相似性呢?如果存在着,我们能否通过这些相似性去发现文学艺术中的规律性的东西呢?

首先,应该指出的是,尽管文学、艺术的题材、体裁、风格和表现技巧可以有这样那样的形态,但可以肯定的是,它们都植根于人脑信息处理的基本机制,而这是有其神经生理学基础的。在这个意义上,我们才可以理解,哥德为什么说他本人在文学创作过程中运用比喻的才能是天生的。任何严肃的文学艺术家都不会去“发明”违反人脑信息处理机制和规律的题材、体裁和表现技巧,即使有人“发明”出了怪异的事物,也不会为人们所理解,更谈不上引起人们的共鸣和美感了。因此,我们从文学艺术的众多题材、体裁和表现技巧中一定可以找到它们之间存在着的相似性,而这种相似

性乃是人类信息处理规律的反映。

尽管我们对这些规律的认识尚有待进一步探索。但毫无疑问,思维过程的相似原理的重要性是不容忽视的。输入信息可以激发头脑中原已存贮的相似块——相似信息,并用以这种相似块为核心的有关知识去解释和理解输入信息的意义,并且可以将相似块以某种相似模式加以新的综合,还能以尽可能小的失真度进行输出,以达成相似信息之传递。

在某种意义上,文学艺术的创作过程都离不开人脑的信息处理过程,因此相似性原理渗透在文学艺术活动的各个环节。这也许是钱学森教授认为相似论或相似的观点在形象思维中具有重要意义的原因所在。限于篇幅,本文不能对此作全面论述,只能就文学艺术创作中的题材、体裁、典型塑造、表现技巧以及创作心理学等几方面存在的相似性问题加以论述。

一、相似性在文学艺术的题材、体裁和结构中的作用

文学、艺术的题材和体裁和民族的文化传统密切相关并为时代精神所制约。所以,纵然作家是从生活中汲取素材的,也难以离开过去和当代的文学、艺术在创作题材和体裁上的那些相似的基本轨道。苏联著名的英国文学专家阿尼克斯特在研究了著名剧作家、诗人莎士比亚的大量资料之后得出结论说:“莎士比亚所写的三十七部剧本中,有三十四部是以从各色作品中借用来的情况为基础的。只有三部剧作没有找到莎士比亚可能由之借用情节的原始材料。”(见阿尼克斯特《莎士比亚传》,第318页)接着,该书列举了一系列事实:“莎士比亚在意大利作家拜德罗那里找到了《无事生非》和《第十二夜》的情节,在杰拉尔蒂、钦狄奥那里找到了《奥赛罗》和《辛白林》的一些情节线索。《罗密欧与朱丽叶》的情节最初是出现在意大利文艺复兴时代一部短篇小说中的,莎士比亚到手的是一部加过工的作品,又经过了英国诗人亚瑟·布洛克把它写成

了长诗《罗密乌斯与朱丽叶》(1562)。莎士比亚的名剧《李尔王》中的某些情节是"取材于菲力普·锡德尼的传奇《阿尔狄亚》,而《维洛那二绅士》的情节来源是西班牙蒙特马约尔的田园传奇《狄安娜》的一个插曲。"《配力克斯》的基础是古代题材的中世纪传奇《泰尔的亚波龙尼斯》和英国诗人约翰·高尔的长诗《情人的自白》。而《威尼斯的商人》则来自中世纪短篇故事选《罗马的事业》,乔万尼·菲奥仑蒂诺和薄伽丘的短篇故事","《皆大欢喜》则是根据莎士比亚同时代人托·洛奇的田园传奇《罗萨林》的题材写成的。《暴风雨》是利用了乔尔登的《发现百慕大岛》情节写成。《泰特斯·安德洛尼克斯》则是根据古罗马作家塞内加和奥维德的题材写成的。"尤其令人注意的是世界著名作家、诗人歌德对上述事实的见解。当有人问到他对莎士比亚大量袭用前辈、诗人和戏剧家们的情节应持什么态度时,歌德作了以下发人深思的回答:"事实上我们全都是些集体性人物,不管我们愿意把自己摆在什么地位。严格地说,可以看成我们自己所特有的东西是微乎其微的,就像我们个人是微乎其微的一样。我们全都要从前辈和同辈学习到一些东西。就连最大的天才,如果想单凭他所特有的内在自我去对付一切,他决不会有多大成就。可是有许多本来很高明的人却不懂这个道理,他们醉心于独创这种空想,在昏暗中探索,虚度了半生光阴。我认识过一些艺术家,都自夸没有依傍什么名师,一切都要归于自己的天才。这班人真蠢!好像世间竟有这种可能似的!"歌德又自我剖析说:"一般说来,我们身上有什么真正的好的东西呢?无非是一种要把外界资源吸收进来,为自己的高尚目的服务的能力和志愿!我可以谈谈自己,尽量谦虚地把自己的体会说出来。在我的漫长的一生中我确实做了很多工作,获得了我可以自豪的成就,但是说句老实话,我有什么真正要归功于我自己的呢?我只不过有一种能力和志愿,去看去听,去区别和选择,用自己的心智灌注于所见所闻,然后以适当的技巧把它再现出来,如此而已。我不应

把我的作品全归功于自己的智慧，还应归功于我以外向我提供素材的成千成万的事情和人物。我所接触的人中有蠢人也有聪明人，有胸怀开朗的人也有心地狭隘的人，有儿童，有青年，也有成年人，他们都把他们的情感和思想、生活方式和工作方式以及所积累的经验告诉了我。我要做的事。不过是伸手去收割旁人替我播种的庄稼而已。"(参见《莎士比亚传》，阿尼克斯特著，中国戏剧出版社第318页－324页)

从上述事实可以看到，大多数著名作家都必须大量求助于前辈或同一时代的人们，在他们的经验的基础上加以综合发展，才能使作品在整体结构上更加完善、更加协调，从而取得社会的承认，才能经久而不衰。这里我们不妨再引用艺术哲学家丹纳的一些话作旁证。他说："莎士比亚，初看似乎是从天上掉下来的奇迹，从别个星球上来的陨石，但在他的周围，我们发现十来个优秀的剧作家，如韦白斯忒、福特、玛星球、马洛、本·琼生、弗莱契、菩蒙，都用同样的风格，同样的思想，同样的感情写作。他们的戏剧的特征和莎士比亚的特征一样：你们可以看到同样暴烈与可怕的人物，同样的凶杀和离奇的结局，同样突如其来和放纵的情欲，同样混乱、奇特、过火而又辉煌的文体，同样对田野与风景抱着诗意浓郁的感情，同样写一般敏感而爱情深厚的妇女。"丹纳还就戏剧以外的艺术领域论述了他的观点。他说："在画家方面，卢本斯好像也是独一无二的人物，前无师承，后无来者。但只要到比利时去参观根特、布鲁塞尔、布鲁日、盎凡尔斯各地的教堂时，就发觉有整批画家的才智都和卢本斯相仿：先是当时与他齐名的克雷伊埃，还有亚当·梵·诺尔德、日拉·齐格斯、龙蒲兹、亚伯拉罕·杨桑斯、梵·罗斯、梵·丢尔登、约翰·梵·奥斯德，以及你们所熟悉的登斯、梵·代克，都用同样的思想感情理解绘画，在各人特有的差别中始终保持同一家族的面貌。和卢本斯一样，他们喜欢表现壮健的人体，生命的丰满与颤动，血液充沛，感觉灵敏，在人身上充分透露出来的充血的软

肉，现实的，往往还是粗野的人物，活泼放肆的动作，铺绣盘花、光艳照人的衣料，绸缎与红布的反光，或是飘荡或是团皱的帐帷帘幔，但要了解那位大师，仍然需要把这些有才能的人集中在他周围，因为他只是其中最高的一根枝条，只是这个艺术家庭中最显赫的一个代表。"(丹纳《艺术哲学》第5－6页，人民文学出版社1983年版)

外国文艺名家要从前辈和同辈中寻找可资借鉴的相似模型，而我国和外国则相隔万里，民族习惯差异又很大，历史传统也不尽相同，也许情况会和莎士比亚、歌德、丹纳所论述的情况大相径庭吧？我们不妨以我国著名小说《红楼梦》的创作过程为例来做些分析，看看到底和外国小说的创作有无相似之处。

我国小说史上说，《金瓶梅》上承"水浒"，下启"红楼"。深知《红楼梦》来龙去脉的脂砚斋在庚辰本第十三回有一眉批如此写道："写个个皆到，全无安逸之笔，深得《金瓶》壶奥。"就是说，《红楼梦》学习《金瓶梅》的创作精华的确学到了家。不但写作技巧有相似之处，在结构上也有相似之处。《金瓶梅》全书以《水游传》中西门庆一家的兴衰荣枯为主干，却以小见大，反映了明朝嘉靖年间社会现实的广阔画面。而《红楼梦》则是以贾府的兴盛、衰落直至江河日下的过程为对象，反映着清朝封建专制社会的全貌，不过文笔之畅达、语言之生动，哲理之深邃比之于《金瓶梅》则有过之而无不及。说《红楼梦》受《金瓶梅》影响的还有现代红学家俞平伯、何其芳，冯其庸、周汝昌等同志。冯其庸同志更认为"不读《金瓶梅》就不知《红楼梦》是怎样来的"。如再从《红楼梦》的写作技巧方面进行一些考察，则不难发现，在描摹人物时所采用的白描手法，对人物的内心刻画，以及通过别人的议论旁观表露典型人物的性格的多个侧面上都是有相似之处的。透过室内静物的陈设陪衬人物的特征，用谶语诗词的方式隐括人物的行径、暗示人物的归宿，也都和《金瓶梅》有相似之处。不过曹雪芹的《红楼梦》与《金瓶梅》的这

种相似性，并不仅仅表现在形式和现象上的相似性上。曹雪芹是通过他自己的亲闻目睹又在文字和结构上经过长期卓绝的提炼，达到了所谓“字字看来皆是血，十年辛苦不寻常”的境界。他对封建社会内在深刻矛盾予以无情揭露，从本质到总体上达到与当时社会现实之间高度的相似性与一致性。所以，鲁迅先生认为，《红楼梦》之所以好就好在是如此之真实，对人对事达到了毫无讳饰的境界，所以才能这样感人，才能这样的经久不衰。也有人更认为曹雪芹和莎士比亚的创作在许多方面存在着惊人的相似性。

为什么莎士比亚与我国文学巨匠曹雪芹的作品与已有作品在题材、体裁、结构上都呈现出相似性呢？其原因在于环境的相似、社会物质条件的相似、精神面貌和气质的相似以及审美观的相似。

丹纳在《艺术哲学》中说的好，作家就像是散在地上的各种不同的种子，但“并不棵棵发芽，必须有某种精神气候，某种才干才能发展，否则就流产。因此，气候改变，才干的种类也随之而变；倘若气候变成相反，才干的种类也变成相反。精神气候仿佛在各种才干中起着‘选择’，只允许某几类才干发展而多多少少排斥别的。由于这个作用，你们才看到某些时代某些国家的艺术宗派，忽而发展理想的精神，忽而发展写实的精神，有时以素描为主，有时以色彩为主。时代的趋向始终占着统治地位。企图向别的方面发展才干会发觉此路不通，群众思想和社会风气的压力，给艺术家定下一条发展的路，不是压制艺术家，就是逼他改弦易辙。”审美观方面的其它原因在于，“人所能了解的感情，只限于和他自己感到的相仿的感情(即相似的感情)。别的感情，表现的无论如何精彩，对他都不生作用，眼睛望着，心中一无所感”，即所谓无动于衷，毫无反应。“群众的趣味完全由境遇决定，抑郁的心情使他们只喜欢抑郁的作品。他们排斥快活的作品，对制作这种作品的艺术家不是责备，便是冷淡。可是你们知道，艺术家从事创作必然希望受到赏识和赞扬，这是他最大的雄心。可见除了许多别的雄心之外，艺术家的雄

心，连同舆论的压力，都在不断的鼓励他，推动他走表现哀伤的路，把他拉回到这条路上，同时阻断他描写无忧无虑与幸福生活的路。”（见丹纳《艺术哲学》第34—35页，人民文学出版社1983年版）

1984年，我在北京召开的思维科学学术讨论会上结识了美学家李泽厚同志。在后来几次交往中，我向他谈到我关于“相似论”的一些观点，李泽厚同志说，相似的观点至少是抓住了审美过程的实质原因之一，对美感的研究是很有意义的。

现在再从作家本人的思维规律和方法以及心理过程来探讨造成上述相似现象的原因。

在心理学中，不管是老联想学派，还是新联想学派，是机能主义还是结构主义，是精神分析学派还是格式塔学派，包括最近有很大进展的认知心理学派，尽管理论观点差异很大，但至少有一点是共同的，那就是：都承认相似性在知觉、记忆、认知和思维活动中的极端重要性。

如果我们从一些历代著名文学、艺术作品与作家亲身的经历的关系中去寻找相似性的话，那可能对我们发现文学、艺术创作规律有所启发。

《红楼梦》其实就是对曹雪芹本人及其亲友的阅历与所在社会现实的真实写照。其实，很多著名作家的成名之作又何尝离开了他们的亲身经历呢？就是那些表面上看来是离奇无比、浪漫夸张的能手，他的作品也终究离不开与他自己生活和社会现实的相似性。如安徒生的童话故事，好像是超越现实的奇丽无比的世界中的幻影：人鱼在蔚蓝的大海中漫游，带金冠的天鹅在天空中翱翔，会说话的夜莺在歌唱。而安徒生却说：“最奇异的童活是从真实的生活里产生出来的”，“故事和真实没有什么很大的分界线”。也可以说，他的童话故事的来源很多都来自他对苦难童年时代的回忆、他的经历，他的记忆。我们这里不妨对传遍世界每个角落，感动过

无数善良人的童话故事——《卖火柴的小女孩》的情节作一简述。“在那新年除夕的夜晚，富人们都摆上了丰盛的宴席，欢度除夕之夜，尽情享乐。谁也没有注意到这时有一个卖火柴的小女孩正赤着双脚在大街上挨饿受冻。她整天没有卖掉一根火柴，因而不敢回家。她只好躲在一个墙角里用火柴发出的微光取暖。火光引出了她天真美丽的遐想。美味的饭菜、美丽的圣诞树、已故去的慈爱的祖母都出现了。她觉得自己和亲爱的祖母一起飞到天国去了。可是第二天太阳升起，人们却发现了她冻僵了的尸体。”（见《世界大作家传》第 18 页，张化隆主编）作者以极其悲愤的心情，控诉着世界的不平。故事好像是这样离奇、夸张，其实正如他自己所说，“都是从真实的生活中产生出来的。”事实上，安徒生很小的时候就有这样的经历。他出生在极度穷困的家里，母亲以洗衣度日。在一个很冷的冬天，他母亲在欧登塞河洗衣，忽然昏倒在河水中，小安徒生用尽了全身的力气才把妈妈扶起来，差一点就一起冻死在欧登塞河边了。因此，在他小小的心灵中就存贮下了那可怕寒冷的冬天的魔影。人世间的凄凉，使他对千千万万儿童的苦难感同身受。因此在创作过程中，这些“相似块”激发他用毕生的精力为苦难的孩子们呼喊，要和罪恶的势力搏斗。他预言真、善、美总会有获得胜利的一天。著名文学作品的情节大都和作家本人的经历极为相似，这样的作品才可能有真实感，才能动人心弦，才能经久不衰。被誉为“妇女独立宣言书”的《玩偶世家》的情节就源于易卜生的好友劳拉·波德生告诉他的亲身遭遇。狄更斯的世界名著《大卫·科波菲尔》也是带有狄更斯本人自传性质的长篇小说。从他苦难的童年到青年的初恋，从婚姻的失败到创作的成功，无不一一加以相似的真实写照。《少年维特之烦恼》打动过很多青年人，书中维持的原型其实就是歌德本人。卓别林最初成名于表演《流浪儿》，而当时，卓别林的确就是流浪儿。印度电影《流浪者》中的拉兹和丽达两位演员的确曾经有过真实相爱的意愿。由于男方父亲

认为门第不相当，横加阻挠，终至失败。所以，他的演技才是那样的纯真、熟练和自然，因而风靡世界，感动了千万人。苏联斯坦尼斯拉夫斯基在挑选演员时经常告诉人们，要注意演员与角色人物心理特点的内在相似性，这绝非偶然。以上事实说明，作家本人的亲身经历和感受是建立作家大脑中丰富的“相似块”的重要源泉。我们还认为，作家只有从亲身经历的体验出发才能很好地理解或吸引前辈或同辈作家的那些深邃的创作经验，才能心领神会地学到那些只能意会不能言传的奥妙。当然，大脑结构中的先天因素和后天勤奋写作、不断积累经验的相互促进作用也是不容忽视的。文学艺术家只有选择那些与自己的气质有相似性的题材、体裁，而又能不知疲倦地热情工作，才能完成出色的作品。

二、相似性在典型塑造中的作用

文学、艺术在题材、体裁、结构确定之后，典型的塑造就是一个关键的问题了。那么在塑造典型人物、典型环境、典型情节中相似性的重要性又表现在那里呢？别林斯基在谈到什么是典型人物时说：“个人，同时又是许多人，一个人物，同时又是许多人物，也就是说，把一个人描写成这样，使他在自身中包括着表达同一概念的许多人，整类的人”。（见《别林斯基选集》第 2 卷第 24 页）他又说，典型是“两个极端——普遍和特殊——的有机融合的成功”。（同上第 128 页）他认为，以个别表现一般，是典型的本质。他说；“即使在描写挑水的时候，也不要只描写某一个挑水人，而是要借一个人写出一切挑水的人”。（同上书，第 129 页）他还告诫作家要使“每一个典型对于读者都是似曾相识的不相识者”（《别林斯基选集》第 1 卷第 186—187 页）。高尔基也认为，典型“是根据抽象化和具体化的法则创造出来的”。“假如一个作家能从二十个到五十个，以至从几百个小店铺老板、官吏、工人中每个人的身上，把他们最有代表性的阶级特点、习惯、嗜好、姿势、信仰和谈吐等等抽取出来，

再把它们综合在一个小店铺老板、官吏、工人的身上，那么这个作家就能用这种手法创造出典型来——而这才是艺术。”高尔基还说：“当作家写书的时候，他在书中所描绘的不是他所认识的这个或那个的肖像，他是在一个人身上竭力刻画出与这个人相像的许多人。比方说，想把神甫描写得有神采、生动和真实，只有当你认识五十个神甫，并从每个神甫身上抽出那些跟您所认识的其他一切神甫的性格相似的性格特点，即教会人员这一等级的基本特点的时候，才是可能的。”（见高尔基“给玛·米·冯西克”，《文学书简》，人民文学出版社 1965 年版，第 244－245 页）巴尔扎克认为，“‘典型’，指的是人物，在这个人物身上包括着所有那些在某种程度跟它相似的人们的最鲜明的性格特点……”。（见《古典文艺理论译丛》第 10 册，《一桩无头公案》初版序言）别林斯基、高尔基和巴尔扎克关于典型人物塑造的论述无疑是有普遍的指导意义的。但这些经验之谈跟相似性有何关系呢？我们不妨来进行一些初步的分析。为什么别林斯基所说的典型要能表现那一群或“整类的人”呢？“类”究竟是什么呢？辞海上说“类”就是相似。这和高尔基、巴尔扎克在论及塑造神甫典型时所说的相似性是完全一致的，即都要求典型人物要反映那类人的相似特征。我们再分析一下，为什么要表现相似的类的特征呢？这还是要从我国哲学家荀子所重视的“类”说起。荀子说“类不悖，虽久同理。”又说“以类行杂，以一行万”。也就是说，在创作中我们只要抓住了相似的‘类’，就能抓住了事物的本质和事物变化的规律。他还说，把握相似的“类”的重要性还在于“其言有类，其行有理，其举事无悔，持险应变曲当，与时迁徒，与世仰偃，千举万变，其道一也。”也就是说，如果我们在塑造典型人物中能表现出相似一类的实质时，人物就可以适应于典型环境的千变万化并能配合得当、应付自如，才能在偶然的环境、情节的典型塑造中，表现出必然性，才没有矫柔造作之感。

这样，典型人物就会丰富多彩，生动活泼，既不会出现千部一

腔，千人一面的弊病，又不至越出该类人物应该表现的范围。要塑造出这样的典型人物，决非一件轻而易举之事。一定要以你一生中那些感受最深、了解最多、认识最深刻的人为对象，对他的一言一行、一举一动，从表面到内心活动都必须了如指掌，对他的爱好、理想、情操都得做到心中有数。然后对其社会的背景、时代的气息作一翻透彻的分析和综合，把与之相似的所见所闻进行一番细致的推敲和组合，当然还要具备丰富的词汇、熟练的语言技巧。到那时，才能够表现出由"单元相似"到"层次相似"以至"系统相似"的能力，才能掌握由"静态相似"过渡到"动态相似"的本领，才能从"微观相似"的一言一行的行为中表露人物"宏观相似"的气质和性格，才能从"结构相似"和"功能相似"中把握题材、体裁、素材的综合应用。

把握了这些相似性以后所塑造的典型就能达到既有"鲜明、生动而突出的个别性，又能显著而充分地表现了他有相当社会意义的普遍性"。

三、相似性在文学、艺术修辞方法中的作用

确定了题材、体裁、典型的塑造之后，要使文学作品文理畅通、表述确切、生动活泼，最重要的方法就是修辞方法。而文章、诗歌、戏剧、电影在应用语言技巧修辞中经常用到比喻，那么，就让我们先从修辞中的比喻谈起。

我们知道，外来的刺激总要自动地与头脑中已有的相似块耦合、匹配并引起联想，这样，用相似的信息去对相应的事物加以形容无非是内在固有机制的自然的外化罢了，同时也只有如此，才能使具有相似机制的他人对同一事物有真切的相似感受。在有些情况下，这甚至是表达自己感受并使人理解的唯一途径。正如W. 海森堡所说，"量子理论以自成一格的真实画面，向我们证明，我们完全可以理解一种联想，尽管我们只能在隐喻和比喻中来谈论这

种联想，但事实上，隐喻和比喻在经典的概念中也是大量的，如‘波’、‘粒子’。它们都不能对现实世界进行充分地描述而只是部分地补充它，因此也就产生了矛盾。虽然如此，由于我们只能用日常语言来描述自然现象，所以我们也只能希望在这种隐喻的意义上来理解客观事实。”“我们不得不在无法清楚地表达我们的思想的隐喻和比喻中来说话，我们也不能逃避偶然的矛盾，然而却可以帮助我们对客观现实进行较切近的描述。”(W.海森堡,《原子物理学的发展和社会》，第 228 页)所以不管是文学艺术，还是科学技术，比喻都是描述事物或传达人们的思维的重要的基本方法。我国著名修辞学家陈望道先生就谈到，比喻在文学艺术表述中是极为重要的，他还进一步把比喻常用词“好像”、“如同”、“仿佛”、“一样”、“犹”、“若”、“如”、“似”等一一举出。有的人把“是”也列入其中。

比喻是一切文学形式的重要表现方法，我国宋代著名的修辞学者陈骙在《文则》中说：“《易》之有象，以尽其意；《诗》之有比，以达其情。文之作也，可无喻乎？”明代著名学者郭子章为修辞学方面的专著《喻林》作序时指出，无论议道、议事、立言、知言都不能离开比喻。他说：“故议道匪喻弗莹，议事匪喻弗听”，“故夫立言者必喻，而后其言至；知言者必喻，而后其理彻。岂能舍譬而悟理，损象而明道乎？”(《修辞学研究》第二辑第 27 页，安徽教育出版社，1983 年版)著名诗人歌德认为，人们不应阻拦他打比喻，因为否则他将不知道怎样来表达自己。梅林在一篇文章中还指出：“在马克思笔下，比喻从来不是装饰品，从来不是单纯的词藻。但是，它也不是像在莱辛笔下那样，只是一个帮助读者更好更容易理解本文的杠杆，一种不仅作用于知性，而且是作用于想象的努力，它乃是对于相同事物的一种最初的综观，乃是莱辛所谓的概念与形象在其中有如夫妇相配的那种完满表现方式之被实现的理想。马克思运用的比喻，正是思想的感性的母亲，它从她才得到了生气勃勃的呼

吸！”可见马克思和马克思主义理论家梅林是怎样高度重视比喻在思想表达中的重要作用了。（见梅林著《马克思和比喻》，《文艺理论译丛》第1期第1－6页）

由以上讨论我们可以看到，古今中外的文学艺术家和理论家对比喻作用的重视真是到了无以复加的程度，这不得不使我们深思比喻为什么会产生如此重大的作用。

我们还是从前人已总结的有关比喻的论点入手去进行分析研究，这可能有助于得到有价值的结果。我国修辞学家陈望道说，比喻和被比喻的两个事物必须有一点极其相类似。我国古代著名文学评论家刘勰在《文心雕龙》中对怎样用好比喻有一段很精辟的话：“物虽胡越，合则肝胆”，他的意思是说，本体和喻体要像北方和南方那样离的很远，好像毫不相干，但在比喻之后，要像肝胆那样密切，即两者要有极相似之可比喻点。（参见《修辞研究》第274页）这和陈望道先生对比喻的看法基本是一致的。但我们应该进一步研究的是，为什么比喻和被比喻之间必须要有相似之点，而本体和喻体整体上又要相隔甚远，方能成为好的比喻呢？先从比喻的目的和效果谈起。比喻的目的之一是以最少的语言，触发读者记忆中的“相似块”，使之产生高度的共鸣，产生最广泛的相似联想并激发热烈的感情。李白诗云：“床前明月光，疑是地上霜，举头望明月，低头思故乡。”这首诗中的比喻就能起到这样的效果。他不但找到了“光”与“霜”音韵上的相似，而且利用凄冷、苍白的霜与月光的相似表达了诗人孤身客居他乡的凄清、冷落以及由此引起的思乡之情。比喻的第二个目的是把深邃难懂的事物通过比喻变为人们较熟悉而易于理解的事物。例如，“新中国的建设就像万里长征走完了第一步。”这是通过万里长征与新中国建设的相似性来做比喻，使人自然联想到我国的建设也必须经过一样艰苦而漫长的阶段才能达到目的。比喻如能找到事物本质上的相似性，就更能起到言虽尽而意无穷的效果。例如：“我想，希望是本无所谓有，无

所谓无的。这正如地上的路；其实地上本没有路，走的人多了，也便成了路。（鲁迅，《故乡》）

宋朝周敦颐《爱莲说》之所以引起人们的共鸣，是因为“莲之出淤泥而不染，濯清莲而不妖，中通外直，不蔓不枝，香远益清，亭亭净植”的这些性质相似于高洁的人格。

宋代郭熙在《山川训》中用比喻的方法，生动地描绘了山水在四时变化中的情况：“山水之云气，四时不同：春融怡、夏蓊郁，秋疏薄，冬黯淡；真山水之烟岚，四时不同：春山淡怡而如笑，夏山苍翠而如滴，秋山明净而如妆，冬山惨淡而如睡。”水之感人者在于：“夫水者，缘理而行，不遗小间，似有智者；动而下之，似有礼者；蹈深不疑，似有量者；碍防而清，似知命者；历险致远，卒成不毁，似有德者。”你看用以比喻山水的事物与山水本身从整体相似到局部相似，从微观相似到宏观相似，从静态相似到动态相似，那一个都不能离开相似性，都要以人们最熟悉的事物为起点去比喻那些看起来相距甚远但却是极为相似的事物，方能使人理解并产生美感。

另外，我们再来看看修辞方式中的“对偶式”吧。什么是对偶式呢？即是“把语法结构相似、字数相等、意义相对的两个语句对称地排在一起。”“使它们互相补充、互相映衬，以增加语言的鲜明性，以提高语言的感人效果。”（新编《现代汉语》上册 269 页，上海人民出版社）例如：

墙上芦苇，头重脚轻根底浅。

山间竹笋，嘴尖皮厚腹中空。

上下两句不但结构相似，同时也用了形象相似性来作比喻，这样的语句读后就使人感到犀利、深刻。

再看语句安排中的“排比式”。“排比式”是把三个以上结构相似、意思相关、语气一致的词组或句子排列成串的修辞方式。”这种方式主要是为了使语势贯通，表现深厚的思想感情，给读者、听者留下深刻的印象。例如：

“这是革命的春天，这是人民的春天，这是科学的春天！让我们张开双臂，热烈地拥抱这个春天吧！”（郭沫若《科学的春天》）

这三个结构相似、意义相关、语气一致的排比句，感情丰富，使人感到相似于音乐中的那种节奏感，读起来顺口流畅，而且感情洋溢。

又如：

“我的生活曾经是悲苦的、黑暗的。然而朋友们把多量的同情、多量的爱、多量的欢乐、多量的眼泪都分给了我，这些东西都是生存所必需的。”（巴金《朋友》）

这是四个结构相似的并列排比的句子，使我们读后在思想深处不能不激发起以往存贮的一个接着一个的“相似块”，使你倍感朋友之间的那种深厚情谊。

我们再从修辞中常用的“仿化”方法来看相似性在创作中的重要作用。

例如：“落花与芝盖齐飞，杨柳共春旗一色。”（庾信《华林园马射赋》）

仿句：“落霞与孤鹜齐飞，秋水共长天一色。”

后句见王勃《滕王阁序》，创作过程中作了相似变换。

再如：原句：“寒鸦千万点，流水绕孤村。”

仿句：“斜阳外，寒鸦万点，流水绕孤村。”

前句为隋炀帝诗，后句为北宋词人秦观创作《满庭芳》时对前句作的相似模仿，但其意变异为即景抒情之作，又好象成了全新的创作了。其实只是在同的基础上加了一点变异而已！

我国古代诗人李白在著名诗篇《朝发白帝城》中写道：“朝辞白帝彩云间，千里江陵一日还，两岸猿声啼不住，轻舟已过万重山。”这千年来为中国人民所热爱的诗句也有其渊源。在唐以前的北魏时期，我国著名的水文地理学家郦道元的《水经注·江水》一文中已有了这样的语句：“有时朝发白帝，暮到江陵，其间千二百里，虽乘

奔御风，不以疾也。”“每至晴初霜旦，林寒涧肃，常有高猿长啸，属引凄异，空谷传响，哀转久绝。故渔歌曰：‘巴东三峡长，猿鸣三声泪沾裳’”。这是郦道元对三峡凄凉景色的写照。大诗人李白对此作了精彩、深邃、睿智、恰到好处的变化，不但不使人感到悲凉、凄清，反而使人读后仿佛看到了万山耸立，春意盎然，一叶小舟，顺流而下，千里江陵，一瞬而至的景象，看到了我们祖国美丽三峡的奇异风光，使人身临其境，历历在目。

“仿化”尚有仿章、仿句、仿语、仿词的。都是相似于前人进行了少量修改而成的。

此外，为了使文章通俗易懂、鲜明生动还常常采用歇后语。如孔夫子搬家——尽是书(输)，泥菩萨过河——自身难保，都是比喻中相似性的妙用。歇后语前部大多是形象相似的比喻，后部是对应的解释或是利用声音的相似性等使语言幽默有趣。修辞中还有摹声、摹色、摹形、飞白、谐音、层递等修辞技巧也是应用了相似性的原理。由此可见，修辞中利用相似性原理的方法的确比比皆是。

四、相似性在音乐创作中的作用

文学是语言的艺术，语言又是和声音分不开的。语言表现中有修辞的艺术，声音的表现中有什么艺术呢？美国 1972 年出版的《哈佛音乐辞典》“音乐美”条目中说，“音乐被当作修辞的艺术(音型学、描绘主义)，它的结构和风格上的要素(诸如重复、赋格、高潮)都与修辞学的方法相一致。在浪漫主义时期，音乐作品的解释大多建于标题音乐和比喻概念上”(见《音乐美学》第 117 页，中国文联出版公司)。所以，音乐和修辞是有相似性的。至于音乐歌词中大量采用的比喻手法，那更是人们思维活动中相似性的表现了。所以，不但文学不能没有相似性的比喻，音乐也同样不能没有相似性的比喻，如有些交响乐就直接取材于诗词，另外，在音乐乐器的技术方面，因为人的听觉生理结构上的相似性，所以对音阶、和声、

旋律的美感就带来了一系列深刻的相似性。因此，我国在 1979 年于湖北随县出土的一套战国初期的编钟所表现的音乐史上的奇迹就是可以理解的了。它无论从音阶的准确性、音程的宽广、音色的优美都和全世界现代乐器有惊人之相似处。这轰动了世界乐坛，体现了中国人民高度的智慧，被誉为世界音乐史上空前的发现。所以，各国、各族人民的音乐表面上看来差异有千千万万，但其深刻的内在属性却存在着惊人的相似性。所以，世界各国著名的歌曲无论在哪里都为人民所热爱。西方音乐听起来千变万化，结构较为复杂，但其结构总体上还是呈现出《哈佛音乐词典》中所说的修辞的形式，诸如重复、赋格、再现、高潮等一系列相似性。

就西方音乐中最基础的奏鸣曲来说，“奏鸣曲式是以重复双主题结构为基础的”的曲式，“两个主题之间称为连接部，连接部也常以主部的主题材料为基础。在连接部的开始往往重复全部的头几小节（照原样重复、变奏或移到另一高度），这样在某种程度上便可以使连接部和主部融合在一起，好像变成了它的第二乐句，因为两个乐句开始部分相似正是乐段的特征。这种主部和连接部相似的现象，当主部以半终止收束时特别常见，结束部更典型的情形是把副部结尾所达到的主和弦上的终止加以重复。”“展开部大部分都引用呈示部的材料。它的开始常从呈示部的两端（主部或结束部）中的一端出发，即往往是把主部或结束部的不完全片段稍加改变。再现部很多情况下按同样的顺序重复呈示部的全部材料，而稍加改变，主要在调性上加以改变。”（参见苏联音乐学院教科书，斯波索宾著《典式学》第 1 页至 29 页，上海音乐报社 1957 年版）我们可以看到，这些都和语言修辞学中使人产生深刻而动人的美感的方法有惊人的相似之处，即与修辞中所常用的排比、对偶、仿拟、回环、层递、镶嵌、韵律的方法是相似的。此外，西方音乐中的模仿曲即某一声部将其他声部以前陈述过的曲调直接加以重复。卡农曲即不断的模仿，即不只是用一个声部陈述主题的再现并且把主题

的对位再现，然后又把这对位的对位再现，如此类推。赋格曲乃是以模仿的复调音乐为基础的曲式。如此等等，无不与相似性有关。音乐不但形式上和修辞有相似之处，在曲式内在的结构上也是互相联结、互相相似的。

音乐作品和音乐家亲身的经历和感受的关系也和文学作与作品之间的关系相似。我国人民音乐家刘天华、聂尔、冼星海等的优秀作品无一不是和他们生活斗争的经历相一致的。外国音乐家海顿、莫扎特从小就受到家庭环境的熏陶。小海顿父亲是当地农民的“音乐家”，他有一副次中音的好嗓子，音乐宽厚、低沉、有力，经常唱给小海顿听。不但如此，他还生长在一个能歌善舞民族聚居的村子里。环境又是那样的幽雅，那泉水的潺潺声，树林的沙沙声，雀鸟的叫声和他爸爸的歌声经常浸透着小海顿的心田。因此，他从小就酷爱音乐，六岁正式学音乐，八岁就考进了维也纳斯蒂芬大教堂的合唱团，作童音演唱。他一生的作品极其丰富，单交响乐，就有 104 部。他的音乐充满着善良、诚恳和友爱的感情。很巧，莫扎特也出生在维也纳附近。父亲是一位有才能的音乐家、演奏家、教育家。莫扎特三岁就开始学音乐，四岁便学会了弹钢琴，五岁开始作曲，八岁作第一部奏鸣曲，十一岁就作完了一部歌剧，十四岁成了鲍伦亚学院院士。难道这些才能和他们的环境的相似性、上辈人的相似性无关吗？人们称维也纳是世界音乐之圣地不是没有根据的，它的自然环境、它的人民造就了音乐才能辈出的相似条件啊！

五、相似性在文艺创作心理中的作用

科学、技术是人类思维的宝贵财富，文学、艺术也是人类思维的宝贵财富，它们都是人类物质文明与精神文明的结晶。美国艺术家鲁道夫·阿恩海姆说：“一切知觉中都含着思维，一切推理中都包含着直觉，一切观测中都包含着创造。用这种观点去解释艺术

中的理论问题和实践问题，是再恰当不过了。”（见他的《艺术与视知觉》，第5—6页，中国社会科学出版社1984年版）这句话是有一定道理的。其实，文学艺术中的直觉何尝不是内在的一种思维表现，富有创造性思维何尝不是形象（直感）思维、抽象（逻辑）思维、灵感（顿悟）思维相互作用下的结晶。在文艺创作思维心理活动中，除了形象思维和抽象逻辑思维以外，灵感思维、潜意识的作用有时起着关键的作用。我曾听作曲家谷建芬同志谈过她的经验："我的成功的作品很多都要依靠灵感的帮助"。不过我们这里所说的灵感，正如钱学森教授所说的，不是什么神灵的感应而是人自己的感应，是谷建芬同志长期从事作曲的经验对潜意识的感应。文学、艺术当然是以形象思维为主的，但整个作品却又是高度的符合逻辑的。一部小说、一部戏剧、一部电影、一幅名画、一首名曲、一个有名的雕塑，其内部必然存在着高度的抽象、高度的和谐，是必然符合客观逻辑的。在形象思维中，正如本文所述，存在着大量以相似性原理为基础的思维活动。在逻辑的归纳、演绎中又何尝没有相似性的作用？美国著名数学家波利亚在他的《数学与猜想》一书中提出，归纳和演绎推理很大程度上都是基于相似性进行的。总之，在小说、戏剧、电影、绘画、造型艺术中，都是要以人和事物作为模本。所以从柏拉图、亚里士多德开始，大多数艺术家一直赞同摹仿是艺术的重要形式，即要求作品尽可能与模本有深刻的相似性。所以，在文学、艺术的创作活动中只有围绕事物的模本、人的模本，通过语言艺术或造型的艺术以达于人与物高度的协调一致性，人才产生美的感受。我们知道，文学艺术家在创作准备阶段、体验观察生活以及构思过程中，大都使用着“移情”、“通感”、“透视”、“迁想”、“入出”等一套方法。现就上述方法中作家的思维和心理活动与相似性原理有关的地方谈谈我们的看法。

“‘移情说’最先的倡导者是立普司（Lipps），有人称誉他为美学上的达尔文，认为人的‘移情’现象是美学上最基本的原则，差不

多一切美学上的问题都可以拿它来解答。”(见《朱光潜》《美学论文集》第 73 页,湖南人民出版社)由此可见“移情”之重要。朱光潜先生认为,“移情说”的心理学基础在于“类似联想”。俄国杰出的心理学家和教育家乌申斯基认为,这种“类似联想”的移情作用“在实质上不过是相似的联想,不过这里的相似不是由理性揭露的,而是由人的诗意情感揭露而已。”(转引自施昌东《“美”的探索》,上海文艺出版社 1980 年版第 247 页)施昌东同志进一步指出:“能产生‘移情’现象较多的是‘相似的联想’,即用多多少少相似的方式把表象联结起来的联想。比如夜莺的叫声与人的歌唱相似,杜鹃的啼声与人的哭泣相似,风声与人或动物的吼声相似,黄河的浪涛声与猛兽的咆哮相似,云的飘动与鸟的飞翔相似,泉水的流动与动物的腾跃相似,在风雪中盛开的梅花与人的傲岸品格相似,……因此就产生了如下的移情现象:‘夜莺在歌唱’‘杜鹃在哭泣’、‘风在吼’、‘黄河在咆哮’、‘云飞泉跃’、‘天寒犹有傲霜枝’或‘红梅不屈服,树树立风雪’等等。”所以,相似性思维乃是贯穿于一切文学艺术活动中的,这决非是从外部强加于人的,而是人们大脑自身生理结构的必然活动形式。文学艺术活动中表现出的这种“移情”的相似联想,我们认为乃是一种心理学中所谓“情绪记忆”的“相似块”之间的相互联系的一种活动。“情绪记忆”往往为人们忽视,其实它乃是文学艺术活动中经常起关键作用的重要心理机制。朱光潜先生把“仁者见仁,智者见智”、作家对自然生气勃勃的描写以及宗教中的“多神教”都归结为这种“移情”的相似联想的结果。

“通感”是作家把各种感官所感知的形象都相互沟通起来,以更生动的形象表现事物的一种方法,它使音乐能见又能闻,使见到的东西就好像已经接触到了似的。例如:“建筑是固化的音乐”、“泉清入目凉”、“净碧山光冷”、“红杏枝头春意闹”、以及“佳人抚琴瑟,纤手清且闲。芳芬随风结,哀响馥若兰。”听到哀伤的音乐就好像闻到了兰花的香气等等。通感的方法特别适宜表现强烈而新奇

的艺术形象。这是因为,人们的记忆具有“块”状结构。人记忆某件事物时与该事物密切相关的信息是以整“块”形式记忆的。如,人接触过的泉水有清澈而冰凉之感,这时记忆的“相似块”中就有“清澈”的视觉形象和“冷”的触觉印象贮存在记忆中了,以后只要看见泉水就会激活联想记忆中的组块。“块”是心理学家乔治·米勒经过多年对记忆的机制和现象大量研究以后得出的一个新概念。(详见《思维科学》1986 年第 1 期第 89 页)这个概念对记忆研究产生过很大的影响。我们这里所说的“相似块”是根据上述研究成果引申发展出来的一个新概念。我们这里所说的“相似块”,是指在思维贮存系统中与输入信息具有相似性的有层次和时空结构的记忆组块。

“迁想”是文艺家在观察自然景物的时候,把人的思想、情感、意志、性格迁移到自然景物上的一种所谓“外射”、“灌注”、“投射”,实际上仍是一种基于“相似块”的联想。如“寒日无言自西下”(张升)、“水光山色与人亲”(李清照)等。尤其是在绘画艺术中,大凡有才能的画家都长于此法,即所谓“迁想”方能“妙得”。故出于名家之手的松、竹、梅都能显示出人的一些不屈的性格或高尚的情操。马克思所说的“人化的自然”可能与“迁想”关系甚为密切。

“透视”方法常用于诗词。常以大化小、或以高为低,或以远为近,或以外为内。例如“山中一夜雨,树梢百重泉”(王维)、“山月临窗近,天河入户低”(沈全期)、“黄河之水天上来”以及刘禹锡的“秋景墙头数点山”和范仲俺岳阳楼中的“含远山,吞长江”,实质上都是由于人们在观察自然景物时因光学的定点透视原理而产生的感觉,如远望黄河真如由天上而来似的,然后又把这些真实感受贮存在大脑中而形成一种“块”。这样,在描写黄河时就自然会提取曾给他以深切感受的“相似块”,以神来之笔——“黄河之水天上来”加以描述,这就使读者倍感亲切动人。

文艺家在观察体验生活时另一个重要的原则是能“入与出”,

即要求作家既要身临其境，融合其中，又要站在其外旁观推敲。如不能入，则自己体验生活时产生出的“相似块”便缺乏那些深入细致的情节，只能有表面、一般、初浅的认识。正如王安石所说，“入之愈深，其进愈难，其所见愈奇”。此乃作家基本功之一。但入而不出又会陷入苏轼所说的“不识庐山真面目，只缘身在此山中”的境地。因此，又要求作家要和对象保持着一定的“距离”。瑞士学者布洛认为距离太远则不尽情理，太近则缺乏美感，这和著名画家齐白石老人所说的“艺术的奥妙就在似与不似之间，太似为媚俗，不似为欺世”是一个道理。故进亦忧，退亦忧，然则何时而乐呢？我们看，还是要从认识现象的相似，即所谓“形似”，进入内在的相似，即“神似”上，方能适度。所以相似论论述的如何由“现象相似”进入到“本质相似”的那些基本方法，对于文学艺术不是没有用处的。（见张光鉴《相似论》，《思维科学》1985 年第 1 期）

从广泛的意义上说，文学艺术活动乃是特定类型的思维活动。也许这正是钱学森教授认为在美学、文艺学和思维科学之间存在着横向联系的原因之一。因此，透过那多种多样的文学艺术现象，我们可以看到在其背后起着制约作用的思维规律，尤其是形象思维的规律。从以上粗略的讨论中，我们不难看出，思维的相似性原理在文学艺术活动中起着至为关键的作用。文学艺术活动是有层次的，同样，人脑中的相似块或相似信息也是有层次的。在文学艺术活动的不同层次上，相应层次的相似块起着极为重要甚至可以说是主导性的作用。不过应该强调的是，正如钱学森教授所指出的，这里的相似不是几何学里的相似，在形象思维里，要从一大堆不那么准确的材料中提炼出准确的相似。他还指出，“形象思维不但文艺工作者使用，其他人包括自然科学家、工程师也经常使用。”这对于我们今后探索形象思维的规律无疑是具有指导性意义的。

也许，思维或形象思维的相似性原理可能有助于把文学艺术理论和科学技术理论的某些方面以统一的方式贯通起来，从而在

这个领域实现深刻的思想家们梦寐以求的简单性原则。

（张光鉴）

5 试论创造性思维

引　言

近年来论述创造性思维的书和文章如雨后春笋随处可见，它成了青年人经常谈论的热门话题，其实又何尝不是科学家、艺术家、教育学家们冥思苦想的问题呢。改革的潮流要求人们不断开拓新思路、探索新问题。无论是领导者的决策，企业家的管理，艺术家的创作，还是科学家对问题的解决，以至我们日常的工作学习都离不开创造性思维。

然而对什么是创造性思维，创造性思维中有哪些主要的规律和方法却众说纷纭，智者见智，仁者见仁。比如有人说，创造性思维就是发散性思维；创造性思维就是求异思维；创造性思维就是反向思维；创造性思维就是逆向思维；创造性思维就是交叉思维、联想思维；创造性思维就是多方位、多层次的立体思维；创造性思维就是与前人没有相似性的思维等等。总之，使人读后也觉得有一定道理，但要实行起来又不知如何做起。若要再认真研究一下又感到困惑；若更进一步问个为什么那就更难回答了。比如人的思维什么叫"反向"，又什么叫"正向"就很难说清。以前不正确的思维本来就是脱离实际的，现在我们来个一百八十度大转弯或如一般人所说的"拨乱反正"，沿着正向思维即按实际状况进行思维。如果用"正向""反向"的说法这岂不是毫无创造性可言了？美国在世界上有名的波音飞机，波音 707、737、747、767 的设计思想和方

法都是顺应空气动力学原理,相似于风洞试验的数据为主要根据的,并且还继承了波音系列的某些传统的设计方法。那岂不更是无创造性思维可言了吗?居里夫人按照她的老师贝克勒尔发现铀有放射性的思路,根据元素周期表中化学元素的相似性认为可能钡和钍也有放射性,进而发现了镭。这个伟大的发现打开了通向原子物理学的大门,要按逆向才有创造性的说法,居里夫人发现镭的重大科学成就岂不是也无创造性了吗?所以真正的创造性思维不在于"反向"或"逆向",而在于要顺应、相似于自然规律的客观实在。

又如许多人讲的发散思维与集中思维,仔细分析,其实就是我们中国的古话讲的:举一反三,闻一知十,触类旁通,博览与精专结合的问题。如何才能做到发散,如何才能举一反三,触类旁通呢?一个人在知识尚且不多的时候,对眼前出现的新问题头脑中尚无与之相似的知识或经验时,那么说"发散"、"举一反三"、"闻一知十"、"触类旁通"就是一句空话。同时再加上在所谓"反向"的创造性思维方法的指导下,岂不是使这些人更不读书更不学习,只是在新的问题面前既无知识又无经验地苦思冥想吗,这样对真正解决问题看来作用甚微。对此我国学者章太炎有一段名言:"学患其不习,既习矣患其不博,既博矣患其不精。偶有所得不可以为智,犹要自视若愚,愚三次,智三次学始有所成"。这乃是博览与精专、发散与集中式思维如何结合的最精辟的治学睿智之言。其中所说的"偶有所得"说明他已经开始重视直感和灵感以及顿悟思维了。所谓"愚三次智三次学始有所成",就是反复强调增强这种直感或灵感思维机制的重要性,只有如此学才有所更大的成就。

再如,有的人说创造性思维就是使多学科的原理相互进行交叉的思维。这是有道理的。但问题在于,现在且不说老学科,就是新学科也不下上千种,再加上要多方位,多角度地思维,那思维方法就多得不可胜数了。要真正找到能和目前问题有所交叉的具体

思维方式，岂不使人如坠烟海，处于茫然不知所措之境了吗？为了在交叉中减少盲目性，我认为先从相似点着手才是较为可行的途径。如新兴的交叉科学，物理化学，还不是首先找到物理学中的电子和化学中的电子有关的电化学开始的吗，生物物理学不也是以物理学中的电子的运动和生物运动中的“电子”行为的相似性为基础的吗？如最近由十一所高等院校和有关专家一起编著的作为高校教材的生物物理学第一章第一节就指出：“无论是作为结构基础的分子内相互作用，或是作为能态变化基础的分子与光子、分子与分子间的相互作用，都涉及原子与分子外围的电子，可以说，生命过程的进行不能离开电于，深入研究分子生物物理问题不可避免要进入电子领域中。”这就是生物物理科学诞生的基本出发点。它是由于找到了共同存在的基本粒子电子运动规律开始的。近代由科学家创造的所谓的“边缘科学”无不是基于两种科学中有关基本原理的相似之点而建立的。

由此可见，一般地说创造性思维是什么并不难，但要真正使人抓住创造性思维的要点进而了解其规律和主要方法，却还有很多要深入探讨的问题。下面我想以相似性为基础来探讨创造性思维的实质。需要强调的是，这个观点并不完全是我的独创或发明，而是在前人论述的基础上的一种综合认识。为了论之有据，我将就科学发现、技术发明、文学艺术创造过程中表现出来的创造性思维活动和相似性有关的问题展开讨论。

科学技术中的创造性思维

先从科学技术中的创造性思维谈起。日本创造学的先驱市川龟久弥教授近年所著的《创造工程》一书是专讲科学、技术中的创造性思维的。该书在世界上有较大的影响，深受科技界的赞赏。此外，日本研究创造方法的还有川喜田二郎的 KJ 法，中山正和的 NM 法等。在西方国家中研究创造性思维的有 A. H. 马斯罗，J.

P.吉尔福德,W.J.J.戈登,E.P.多兰士,J.D.菲利浦斯,A.F.奥斯本,S.J.帕内斯,L.S.库比等等。我认为,《创造工程》的作者市川龟久弥教授抓住了创造性思维的关键点,如联想、类比、移植、等价变换、直感、顿悟以及合理的猜想,从个别中认识一般、在一般中发现规律的最重要的核心问题。他在书的一开头就开门见山地指出,他的"创造性的科学或创造工程学的理论系谱,源于法国大科学家彭加勒的一段论述","我们必须指向目标,与其说是找出相似和相异,倒不如说重新认识看起来并不一致之中隐藏着的相似……内容虽然不同,但其形式,其部分间的排列是相似的,从这一方面看规律的范围逐渐扩大,有将要包容一切的倾向"。市川教授在该书的第六节又引证了彭加勒的另一段名言,"孤立的事实不仅会吸引科学家,还会吸引外行和其他人的注意力。但是当几个事物极为相似,并且把它们的相似点隐藏起来的时候,能够找出它们的联系所在,这一点只有真正的物理学家才能做到。"由此可见,市川教授的《创造工程》一书从理论的依据到方法的核心,实质上都是以认识更深刻的相似性为基础的。

是不是相似性只在创造工程中关系重大,对严格依照逻辑规律的数学的作用就不太大了呢?我们还是让数学家自己来说吧。

著名的波兰数学家巴拿赫有这样一段名言:"一个人是数学家,那是因为他善于发现判断之间的类似;如果他能判明论证之间的类似,他就是个优秀的数学家;要是他竟识破理论之间的类似,那么,他就成了杰出的数学家。可是,我认为还应当有这样的数学家,他能洞察类似之间的类似。"这句话道出了数学家进行创造性思维的关键,是要深刻认识数学中存在着的不同的相似性。无独有偶,英国著名哲学家罗素在他的名著《数理哲学导论》一书中给"数"下了一个很能发人深思的定义。他说:"所谓数就是某一个类的数"。在继续论述什么叫一个类的数时,他干脆地指出:"一个类的数是所有与之相似的类的类。"他又说:"现在我们可以继续定义

一般的数为:由于相似关系而集合在一起的任一类,更仔细说,一个数是一个类的集合,其中任何二分子,即二个类,彼此相似。并且在这个集合以外,没有一个类似于这个集合以内的任一类。换言之,一个数(一般的)是一个集合,在此集合中任一分子所有的项数即是这个数。”他还说:“所谓一类‘相似’于另一类,就是它们之间有一个一对一的关系,一类是这关系的前域,另一类是它的后域”。他在该书的第六章中还专辟一节谈“关系的相似”,然后着重指出:相似性“这个问题在数理哲学中很重要,然而至今不曾得到足够的认识!”这是不是罗素个人的偏激看法呢?我们不妨再引证美国当代数学家兼教育家波利亚在其名著《数学与猜想》一书中的论述。“歌德巴赫猜想是正确的吗?至今没有人能回答这个问题。尽管一些伟大的数学家作出了巨大的努力,然而哥德巴赫猜想在今天仍然像在欧拉时代一样,始终是一个我们所熟悉的但不能证明或推翻的关于数的许多性质之一。现在,让我们回过头来看看,并试着从上面的推理当中看出可以作为归纳过程的典型步骤。首先我们注意到了某些相似性,看到 3,7,13 和 17 是素数,10,20 和 30 是偶数,同时这三个等式:$3+7=10$,$3+17=20$,$13+17=30$ 之间彼此有类似的地方。尔后是一个推广的步骤,从 3,7,13 和 17 这些实例扩大到所有的奇素数,从 10,20 和 30 扩大到所有的偶数,然后继续推广而得到一个可解的一般关系式

偶数=素数十素数”

同时,波利亚还认为,在数学发现中,合情推理的归纳方法是:在经验和信念的基础上,第一步是观察到客观事物某些相似性而产生的所谓启发性联想,第二步是在前面的基础上获得更多更广泛的证实,即通过所谓支持性联想使原有的命题更加可靠。他认为这就是很多数学发现中的一般归纳过程。

他同时还认为:“数学被人看作是一门论证科学。然而这仅仅是它的一个方面。以最后确实的形式出现的定型的数学,好像是

仅含证明的纯论证性的材料，然而，数学的创造过程是与任何其它知识的创造过程一样的。在证明一个数学定理之前，你先得猜测这个定理的内容，在你完全作出详细证明之前，你先得推测证明的思路。你先得把观察到的结果加以综合然后加以类比。”“这个证明是通过合情推理，通过想象而发现的。”“不论是在初等数学或高等数学中的发现，或者在任何别的学科中的发现，恐怕都不能没有这些思考过程，特别是不能没有类比”。波利亚还引用了刻卜勒的名言：“我们珍视类比胜于任何别的东西，它是我最可信赖的老师，它能揭示自然的秘密。”尤为引人注意的是他对类比的解释，他说：“类比是某种类型的相似性。我们可以说它是一种更确定的和更概念性的相似。但是我们可以把话说得更确切些，类比和其它类型的相似性之间的本质差别，在我看来在于思考者的意图。相似对象彼此在某些方面带来一致性。假如你想把它们的相似之处化为明确的概念，那么你就得把相似的对象看成可以类比的。假若你成功地把它变成清楚的概念，那么你就阐明了类比的关系。”近代另一位著名的苏联数学家 D. 莫达克海波尔托夫在《数学思维心理学》一书中说道：“数学思维的才能在于人有无智慧的敏锐性”。他对智慧的敏锐性的见解是“把两个不相联系的思想领域内的一些概念纳入统一观点的一种能力”，“从已知事物中发现有什么相似之处的一种能力。在一些关系最远的领域中，在一些显然是十分混杂的对象中寻找出有什么相似之处的一种能力”。正如美国逻辑学家维斯登姆教授所说，归纳、演译、类比推理究其实质都是基于相似性的推理形式。

我们已经看到，物理学、化学、生物学中用相似性原理创造发明的事例多得不可胜数。（参阅《思维科学》1985 年第 4 期张光鉴《相似性形象思维在科学发现中的作用》一文。）下面我想着重谈谈近二十多年由于科学技术的发展和深化创造出来的系统论、控制论以及协同学等新兴科学，我们同样可以看出相似性问题仍然是

这些新兴科学的核心问题。

系统论的创始人贝塔朗菲说，一般系统论的基本任务之一是，“在揭示不同现象领域的规律的同型性基础上，为现代科学知识的综合创造基础”。贝塔朗菲又认为，“任何一般规律实际上就是指受到它作用的客体之间的某种类似性，使用正确的类似性，乃是基本的科学方法之一。”再来看看控制论的创始人维纳对控制论的定义。“我把控制论定义为关于控制和通讯的科学，无论对于机器或者生命机体都是一样”。“通过比较揭示出机器和生命机体两个截然不同的系统的相似性”。“我用‘控制论’这个词标识这一个问题领域是出自一个简单的原因，我在今天的生物科学和工程科学进行研究的那些过程中，找到了许多相似的东西，因而力图使用这样的词汇，把不同东西的相似性表示和指明出来。否则在这一领域进行的工作就会混杂不齐并缺少对问题最基本的共同性的理解。我的目的就在于把各个科学领域中进行的努力联合起来，使它们都致力于对相似的问题的划一的解决”。

再看看协同学的创始人 H. 哈肯的主要观点吧。他在《协同学》一版的序言中谈到此书的主到任务和目的时说了下述发人深思的话：

“近年来，越来越清楚地看到，物理系统和化学系统中存在大量的例子：具有充分组织性的空间结构，时序结构或时空结构从混沌状态产生出来”。而“这些结构是自发地发展起来的，它们是自组织的。但使许多科学家惊奇的是，当大量的这类系统从无序状态变为自序状态时，它们的行动显示出引人注目的相似性。这一点有力地表明，这类系统的功能作用遵循同样的基本原理。在这本书中，我们想要解释这类基本原理和基础概念，并介绍用来妥善处理它们的数学工具。”

从贝塔朗菲、维纳和哈肯的一系列言论，我们可以看到这样一个事实：N. 维纳的控制论是在论述机器和生命机体两种截然不同

的系统的相似性。而 H. 哈肯的协同学是建立在物理系统和生物系统自组织过程中时序结构、时空结构从微观到宏观的相似性上面的。系统论则要努力去寻求最一般、最普通、最符合客观的系统相互联系的同型性(亦即形式结构和功能的相似性)。可以说,这些横断学科的开创契机都在于对不相干领域的相似现象的一种认识。

我们以上述科学发现中一系列事实为根据,不能不得到这样的一种认识,即在一定的意义上说,规律寓于相似性之中。而掌握规律、运用规律乃是创造性思维不可缺少的重要环节。

以上大量事实表明,在科学技术发现、发明的创造性思维活动中,相似性起着十分重要的作用。

文学艺术中的创造性思维

在文学艺术创造中,相似性原理是否仍然有效呢? 一部分同志可能认为,在文艺创作中应用相似性乃是文学艺术工作者的最大禁忌。然而于 1984 年 6 月,在由著名科学家钱学森亲自主持召开的思维科学学术讨论会上,我碰见了美学家李泽厚同志,他在听了我在会上讲的相似论有关基本原理和观点后,在大会上发言时指出:"相似论的一些观点抓住了文学、艺术、美学的一个实质性的问题,是很可贵的。"此后,他又多次表示,希望我能把相似性原理深入研究下去。今年 4 月,我在七届人大会议上又见到了他,请他写写文学、艺术、美学中的有关思维科学的文章,他又一次强调说:"钱学森同志重视你的相似论是很有意义和,很有远见的。"这几年我从李泽厚同志主编的一系列美学译文丛书中进一步证实了他所说的相似性问题也是文学、艺术、美学中的重要问题的观点。因为我们这里着重谈的是创造性思维,所以丛书中其它涉及相似性问题的论述暂且不谈,仅就有关文学、艺术的创造性思维部分加以引述,说明相似性问题在其中所起的重要作用,以期引起更多人对它

进行深入的探讨。这样做，也许会对从事文学艺术工作的同志有所裨益。

在李泽厚同志主编的《美学译丛》中有一本名为《创造的秘密》(辽宁人民出版社 1987 年版)，这是当代美国著名心理学家西尔瓦诺·阿瑞提的代表作，是目前美国谈论创造性思维的颇有影响的一部畅销书。作者重点论述了文学艺术中妙语的产生、诗歌的创作、绘画的发展以至宗教的起源中有关相似性的重要问题。他把创造性思维分为三个主要的过程，第一个过程是原发过程，第二个叫做继发过程，第三个就是审美的过程。他说的原发过程乃是人类生而有之的基于"相似即同一"原则的思维活动。阿瑞提在书中引证了林斯特勒在《创造行为》中所表述的一个基本概念——"双重联想"，即"把两种不相容的内容同时联系在一起的任何心理活动。"他认为双重联想是构成每一创造过程的基础。在第二阶段继发过程中，他把概念的活动作为主要内容。他列举了一系列在概念生成中相似性所起的重要作用。在第三阶段审美过程中，他把相似的匹配问题、隐喻中所包含的相似性的问题提到很重要的地位。他并且还引证了亚里士多德《诗学》中的一段话，"尤其重要的是善于使用隐喻字。唯独此中奥妙无法向别人领教。善于使用隐喻字表示有天才，因为要想出一个好的隐喻字，须得于不相似的事物中看出它们的相似之点。"阿瑞提在谈到上述三个过程的关系时指出，文学作品的创作，如果只有继发过程而无原发过程，便仅仅是概念的堆砌、枯燥的逻辑推理，决不会有上乘之作；而只有原发过程没有继发过程的"创造"，又不会被社会所接受，至多是二、三流的作品罢了。只有当继发过程暂时离开正常的轨道，重归原发过程，进行更多的相似匹配，去进行加工润饰、检验衡量等一系列的审美活动之后，才可能达到一流水准。作者最后深有感慨地说："人类最终的兴衰就是依赖于对相似性所做出的不同反应"。令人遗憾的是，作者虽然认识到相似性在文艺创造性思维中有如此举

足轻重的作用,但他却对于相似性是什么,有何规律可循等问题所论甚少。尽管如此,我们还是认为,阿瑞提的《创造的秘密》一书在当代论述文学艺术中的创造性思维的众多书籍中,不失为一本见地深刻的著作。

为了对相似性在文学艺术创作中的作用进行进一步的探讨,有必要在这里重述一下有关相似性与文艺创作心理的关系问题。

美国艺术家鲁道夫·阿恩海姆说:"一切知觉中都包含着思维,一切推理中都包含着直觉,一切观测中都包含着创造。用这种观点去解释艺术中的理论和实践问题,是再恰当不过了。"(见他的《艺术与视知觉》第5—6页,中国社会科学出版社1984年版)这句话是有一定道理的。其实文学艺术中的直觉何尝不是内在的一种思维表现。在文艺创作思维心理活动中,除了形象思维和抽象逻辑思维以外,灵感思维、潜意识的作用有时起到很关键的作用。我曾和作曲家谷建芬同志交谈过关于她成功之作的经验,她说:"我的成功的作品很多都要依靠灵感的帮助"。不过,我们这里所说的灵感正如钱学森教授所说的,不是什么神灵对创作的感应而是人自己的感应。文学、艺术创作当然是以形象思维为主的,但整个的作品却又是高度地符合逻辑的。一部小说、一部戏剧、一部电影、一幅名画、一首名曲、一个有名的雕塑,都必然存在着高度的抽象与高度的和谐。在形象思维中,存在着大量基于相似性的思维活动。文学创作理论中,从亚里士多德的摹仿说,到弗莱神话学中的相似律,从皮亚杰的结构主义到接受美学强调的读者在创造中的所谓"期待视野",无不贯穿着相似性这个核心问题。

下面,我们将结合文学艺术心理学中的具体问题,如"移情"、"通感"、"透视"、"迁想"、"入出"等谈谈贯穿于其中的相似性原理。

"移情说"最先的倡导者是立普司(Lipps),有人称誉他为美学上的达尔文,他认为,"移情"是美学上最基本的原则,差不多一切美学上的问题都可以拿它来解答(见《朱光潜《美学论文集》第73

页,湖南人民出版社》,可见“移情”之重要。朱光潜先生认为,“移情说”的心理学基础在于“类似联想”。俄国杰出的心理学家和教育家乌申斯基更认为,这种“类似联想”的移情作用“在实质上不过是相似的联想,不过这里的相似不是由理性揭露的,而是由人的诗意情感揭露而已。”(转引自施昌东《“美”的探索》,上海文艺出版社1980年版第247页)。施昌东同志更进一步说:“能产生‘移情’现象较多的是‘相似的联想’,即用多多少少相似的方式把表象联结起来的联想。比如夜莺的叫声与人的歌唱相似,杜鹃的啼声与人的哭泣相似,风声与人或动物的吼声相似,黄河的浪涛声与猛兽的咆哮相似,云的飘动与鸟的飞翔相似,泉水的流动与动物的腾跃相似,在风雪中盛开的梅花与人的傲岸品格相似。……因此就产生了如下的移情现象:‘夜莺在歌唱’、‘杜鹃在哭泣’、‘风在吼’、‘黄河在咆哮’、‘云飞泉跃’、‘天寒犹如傲霜枝’、‘红梅不屈服,树树立风雪’等等。”所以相似性思维乃是贯穿于一切文学艺术活动中的,这决非是从外部强加于人的,而是人们大脑自身生理结构的必然活动形式。文学艺术活动中表现出的这种“移情”的相似联想,我们认为乃是一种心理学中所谓“情绪记忆”的“相似块”之间的相互联系的一种活动。“情绪记忆”往往为人们所忽视,其实它乃是文学艺术活动中经常起关键作用的重要心理机制。朱光潜先生把“仁者见仁,智者见智”,作家对自然生气勃勃的描写以及宗教中的“多神教”都归结为这种“移情”的相似联想的结果。

“通感”是作家把各种感官所感知的形象都相互沟通起来以更生动的形象表现事物的一种方法,它使音乐能闻又能见,使见到的东西就好象已经接触到了似的。例如:“佳人抚琴瑟,纤手清且闲;芳芬随风结,哀响馥若兰。”听到哀伤的音乐,就好象闻到了兰花的香气等等。通感的方法特别适宜表现强烈而新奇的艺术形象,这都是因为人们的记忆具有“块”状结构,人记忆某件事物时与该事物密切相关的信息是以整“块”形式记忆的。如人接触过的泉水有

清澈而冰凉之感，这时记忆的“相似块”中就有“清澈”的视觉形象和“冷”的触觉映象贮存其中了。以后只要看见泉水就会形成联想记忆中的组块。“块”是心理学家乔治·米勒多年对记忆现象进行深入研究后得出的一个概念(详见《思维科学》1986 年第 1 期 89 页)，这个概念对记忆研究产生过很大的影响。我们这里所说的“相似块”是根据上述研究成果引申发展出来的一个新概念，是指在思维贮存系统中与输入信息具有相似性的记忆组块。

“迁想”是文艺家在观察自然景物时，把人的思想、情感、意志、性格迁移到自然景物上的一种所谓“外射”、“灌注”、“投射”。实际上仍是一种基于“相似块”的联想。如“寒日无言自西下”(张升)、“水光山色与人亲”(李清照)等。尤其是在绘画艺术中，大凡有才能的画家都长于此法。有所谓“迁想”方能“妙得”。故出于名家之手的松、竹、梅都能显示出人的高尚情操。马克思所说的“人化的自然”可能与“迁想”关系甚为密切。

“透视”方法常用于诗词。常以大化小，或以高为低，或以远为近，或以外为内。例如“山中一夜雨，树梢百重泉”(王维)、“山月临窗近，天河入户低”(沈全期)、“黄河之水天上来”以及刘禹锡的“秋景墙头数点山”和范仲淹《岳阳楼记》中的“含远山吞长江”之说。这实质上都是由于人们在观察自然景物时由于光学的定点透视原理而产生的感悟。如远望黄河真如由天上而来一样，然后又把这些真实感受贮存在大脑中而形成一种“块”，在描写黄河时就自然会提取曾给他以深切感受的“相似块”，以神来之笔——“黄河之水天上来”加以描述，这就使读者倍感亲切动人。正如 H.R. 姚斯与 R.C. 霍拉勃所著《接受美学与接受理论》中所指出的，一个文学作品的概念包括两极，一极是文学的本文，一极是读者对本文在阅读过程中的具体化。这个具体化是因人而异的，所谓的仁者见仁，智者见智。为什么同一篇文章会出现这样多样化的再创造呢？这和对象的经历、贮存在大脑中的不同的“相似块”有密切关系。

文艺家在观察体验生活时另一个重要的原则是要能“入与出”。要求作家既要身临其境融合其中，又要站在其外旁观推敲。如不能“入”，便缺乏那些深入细致的情节。正如王安石所说，“入之愈深，其进愈难，其所见愈奇”，此乃作家基本功之一。但入而不出又会陷入苏轼所说“不识庐山真面目，只缘身在此山中”的境地。因此，又要求作家心理上要和对象保持一定的“距离”。瑞士学者布洛认为，距离太远则不近情理，太近则缺乏美感，这和著名画家齐白石说的“艺术的奥妙就在似与不似之间，不似为媚俗，不似为欺世”是一个道理。故近亦忧，远亦忧，然则何时而适度呢？我们认为，还是以能从“形似”进入到“神似”方为适度。所以相似论中论述的如何由“现象相似”进入到“本质相似”的那些基本方法，对于文学艺术不是没有用处的。（见张光鉴《相似论》，《思维科学》1985年第1期）也许，这正是钱学森教授认为在美学、文艺学和思维科学之间存在着横向联系的原因之一。（见钱学森《对技术美学的一点认识》，《思维科学》1986年第2期）因此，透过那多种多样的文学艺术现象，我们可以看到在其背后起着制约作用的是思维规律尤其是形象思维的规律，而思维的相似性原理又起着至为关键的作用。文学艺术活动是有层次的，同样，人脑中的相似块或相似信息也是有层次的，在文学艺术活动的不同层次上相应层次的相似块起着极为重要甚至可以说是主导性的作用。这些我们在本文的讨论中都分别作了简略的说明，系统的阐释将另文发表。

应该强调的是，正如钱学森教授所指出的，这里的相似不是几何学里的相似，在形象思维中，要从一大堆不那么准确的材料中提炼出准确的“相似”。他还指出，“形象思维不但文艺工作者使用，其他人包括自然科学家、工程师也经常使用。”这对于我们今后探索形象思维的规律无疑是具有指导意义的。很有可能，相似性原理有助于把文学艺术理论和科学技术理论关于创造过程的某些方面以统一的方式贯通起来，从而在这两个领域实现深刻的思想家

们梦寐以求的所谓理论上的统一性或简单性原则。

结　语

以上我谈到了，从科学技术中的创造性思维到文学艺术中的创造性思维都贯穿着相似性问题。至于什么是相似，怎样运用相似性的原理，以及相似的三个关系、四个规律等，可参阅《思维科学》1985 年第 1 期张光鉴《相似论》一文中的有关论述。

至于说人在创造性思维活动中的所谓非智力因素问题，如兴趣、毅力、感情、事业心等等，我认为对于所研究的对象知识越丰富，经验越多，在进行创造性的智力活动中上述的非智力因素就越容易发挥作用。例如对于勇气、毅力，中国人有句古话："艺高人胆大"、"朝闻道，夕死可矣"，勇气和毅力就自然表现出来了。兴趣依赖于对问题研究、理解的深度和广度，注意力则更要依赖于本人大脑前额叶的结构和功能。实际上，人脑的智力活动，从信息加工到生理的结构乃是一个巨系统的功能表现，特别在创造性思维过程中更是这样。要真正找到重大创造性思维的规律和方法，我以为还是应着眼于钱学森同志在《关于思维科学》一书中提出的逻辑（抽象）思维、形象（直感）思维、灵感（顿悟）思维、社会思维，并结合人体科学、教育科学、创造学、心理学等学科协同研究。只有如此，创造性思维的规律和方法研究才可望取得较大成效。不过，我们似乎可以说，逐步提高人们对相似性的认识能力、鉴别能力、组合能力、应用能力乃是提高人们创造性思维一种重要途径。正如美国心理学家 S. 阿瑞提在所著《创造的奥秘》一书中所总结的，"在创造力中，留心注意相似性的能力是一种共同的指导原则——它是一枝颤抖而微弱的烛光，用它去探索和收获，用它去攻破宇宙之夜的秘密，用它去获得对我们自身部分的某种理解。人类的兴衰就依赖于对相似性所做出的不同反应。"

（张光鉴）

6 一个类比推理的认知模型

I. 引　言

众所周知，在人工智能领域，演绎推理技术已日臻成熟和完善，归纳推理的研究也以 BACON 程序为标志取得了引人瞩目的成就，而有关类比的工作则相对薄弱。当然，在这方面也有许多有趣的工作，如美国人工智能学家 Winston(1979)就曾提出一种可以通过类比对诸如"某人象救火车"这类比喻作出理解的智能系统。

在人工智能中，学习是一个十分重要的研究领域。在这里，是把学习作为一个高度概括性的术语来使用的，用它指谓人(和计算机)增长知识和改善技能所经由的历程。人工智能学家往往把类比和归纳纳入有关学习的研究领域来考察。依据比较公认的观点，学习可大致分为四种基本情况，即：

1. 机械学习(rote learning)；
2. 借助告知学习(learning by being told)；
3. 从例子中学习(learning from examples)；
4. 借助类比学习(learning by analogy)。

这些学习方式都涉及到与相似性有关的问题，类比这种富有创造性的学习方式就更是如此。Poul R. Cohen & Edward A. Feigenbaum 编著的《人工智能手册》第三卷对借助类比的学习做过如下解释："如果系统具有可用以执行一项有关任务的知识库，它就有可能借助于识别相似性以及从别的知识库中调用相关的知

识来改善其自身的行为。”他们举例说，“假定一个程序有一个可供它使用的描述如何诊断人类疾病的知识库而又有人想要用这同一个程序对计算机系统的故障作出诊断，通过发现适当的相似性，程序就能推出计算机故障（‘疾病’）的类型以及可能的解决办法（‘疗法’）。由于找到了相似性（例如，可把 X 光透视类比为主存储器信息转储），就可以调用该诊断过程”。该手册中未列出有关这方面的文章，其理由是，该领域尚未受到较多的注意。他们指出，困难在于，尚存在一些有待解决的研究课题，它们是：

1. 相似性究竟是什么？

2. 如何识别相似性？

3. 如何从相似的知识库中调用相关的知识以及如何运用它们去完成想要完成的任务？显然，这是一些带有根本性的困难问题。

相应地，类似的情况在知识工程或有关专家系统的理论研究中也出现了。正如 F. Hayer - Roth，D. A. Waterman 和 D. B. Lenat (1983)所指出的，“还有一些特点，它们对于人工专家系统概念的影响还不清楚。这些特点是专家具有的，也许由于它们是人或者非专家都具有的一般智能。”

具体地说，应注意专家们的下述特点：

●从未来的经验中学习（成为更高的专家）；

●更新知识；

●获取一般知识；

●有共同意识——涉及到所有领域；

●可以用模拟方法推理。

不难看出，其中第 5 点直接与类比有关，第 4 和第 1 点也与类比相关。

综上所述，在人工智能和知识工程中，类比推理技术是一项有待进一步解决的十分重要的课题。目前，日本等国都已提出并正在研制新一代计算机，即所谓第五代计算机，中国科学家钱学森更

提出要研制第一代智能机。许多代表人类智能最高成就的重大科学发现都源于类比，如果未来的智能机具有模拟人类类比推理的功能，就有可能代替人去发现新的科学规律和提出新的科学假说。由此看来，有关类比的研究在理论和实践上的意义就是不言而喻的了。

如何进行类比这个问题并不仅仅囿于人工智能的学科范围之内。人工智能在类比方向上的研究之所以相对迟缓也许不能完全归因于该学科的内部因素，而是在相当大的程度上源于对人脑类比机制的知识还较为匮乏——人们还未能构造出较为令人满意的描述类比过程的认知模型。

事实上，许多学科都对类比感到极大的兴趣，并由其特殊的学科目的出发，从不同侧面对类比加以研究，取得了有价值的成果。

首先，现代科学哲学家已开始把目光转向了类比，认为重大科学发现的最初猜想，或可称之为导致崭新概念和命题的灵感或直觉往往源于类比。

此前，科学哲学主要从事所谓科学方法(scientific method)和“科学动力学(science dynamics)”的研究。“科学方法”的本意是指科学认识活动所遵循的程序。科学哲学界在相当长的一段时间里持有如下公认的观点：不存在具有普遍性的发现和发明的程序，Feyerarbend 更持一种极端看法，认为“科学无方法可言”。因此，在科学哲学中，术语“科学方法”的语义一度曾发生改变，主要是指对科学成就的评价方法或选择方法。这种科学哲学观和以往哲学认识论的差异之一，就在于它取消或忽视了对于科学发现方法的研究。认为不存在发现和发明的机械程序或万无一失的方法固然有其正确的的一面，因为从某种意义上说，科学活动乃是持续进行着的试错过程。然而，不能因此就取消对科学发现方法的研究。最近一个时期以来，这种倾向已开始有所扭转，越来越多的科学哲学家象他们较远的前辈一样，开始把目光重新指向科学的发现过

程，而不再仅仅满足于研究对这种精神活动的最终产品作出评价和选择的方法了。

“新历史主义”学派的代表人物夏佩尔扩展了理性活动的内涵，认为一切依据具有相关性、成功性和无怀疑性的“理由”而进行“推理”的认识活动都属于理性活动。他还提出了“信息域”理论，试图解释科学发现的过程。其要旨在于，从一组有内在联系但缺乏一致性的信息（信息域）出发，主要运用溯因法，通过复杂的推理，特别是充分运用类比去构造新理论。该学派的达尔顿更在此基础上提出“科学域（scientific field）”与“科学领域际（scientific interfield）”理论。“科学域”是若干“信息域”的集合，“科学领域际”则指不同学科之间的类比和移植。“科学域”理论的主旨在于扩大溯因法的“基底”，“科学领域际”的主旨则在于加强类比的广度、深度和创造性。值得注意的是，在跨学科方法论中，还提出一种所谓“演化性系统方法（evolutionary system method）”，十分重视形象思维，着重讨论了与类比密切相关的“科学隐喻法（scientific metaphor method）”。当然，真正意义上的科学发现方法的研究不能仅仅停留在“类比”或与其相关的概念上，因为这不过是使用新的术语重新回到旧有的命题上罢了。例如，黑格尔就把类比评价为“理性的本能”，说“类比的方法很应分地在经验科学史上占很高的地位，而且科学家也曾依照这种推论方式获致很重要的结果。”康德也认为，“每当理智缺乏可靠论证的思路时，类比这个方法往往能引导我们前进”。莱布尼茨更对有关相似性的问题进行过深入探讨，甚至认为“大自然中的一切都是相似的”。他在谈论人的智慧时说，“我们必须使自己习惯于进行类比，即对两个或两个以上极其不同的事物，找出它们的相似点。”然而，也正如他所指出的，“通常人们对于什么是相似或不相似并没有清楚的观念。”令人遗憾的是，这种状况迄今并没有发生实质性的改变。这也许正是钱学森同志高度重视相似论的研究，期待形象思维研究能由思辨

走向科学的原因所在。总之，现代科学哲学要在科学发现的类比方法的研究上取得深入进展，就需要逐步过渡到以类比的认知模型为必要的科学工具，否则，就难以摆脱它所拒斥的纯粹的思辨或形而上学的纠缠，这样才有可能进而揭示在五光十色的科学发现现象背后存在的内在规律。

其次，心理学理论也有一些涉及到类比的研究，在我们看来，皮亚杰的发生认识论就是其中比较具有代表性的一个。他为说明认识的发生或者说知识的形成与发展提出四个基本概念，即图式、同化、顺应和平衡。其中，图式是一个核心概念。图式可理解为动作的结构或组织，这些动作在相同或类似的环境中由于重复而引起迁移和概括。在他看来，个体之所以能对刺激作出各种反应，是由于它具有能够同化这种刺激的某种图式。图式起初得自于遗传，在适应外界环境的过程中，图式就不断地变化、丰富和发展起来。同化和顺应是个体适应环境的两种机能，其中同化是指把实体纳入机体已有的图式之中，以加强和丰富主体的动作，这只能引起图式的量的改变。顺应则是指在主体的图式不能同化客体时，调整原有图式或创立新图式的过程，他认为这将导致图式在质上的改变。他为同化和顺应下的定义是："刺激输入的过滤或改变，称为同化。内部图式的改变以适应现实，称为顺应。"他认为，个体每遇到新的情境，总是试用原有图式去同化之，如成功则达到认识上的平衡，反之就作出顺应，调整原有图式或创立新图式去同化新的事物，直至达到认识上的新的平衡。他说："智慧行为是依赖于同化与顺应两种机能从最初不稳定的平衡过渡到逐渐稳定的平衡"。这种平衡水平不断提高的过程就是认识结构形成和发展的基本过程。皮亚杰的发生认识论的确为从宏观上描述认知的发展提供了一个鲜明的画面，具有深刻的启发意义。我们体会，在某种意义上，顺应乃是一种特殊类型的同化。因为调整原有图式或创立新图式离不开以更具概括性的图式去同化新的情境。换言之，

同化是更为基本的概念，其中导致调整原有图式或建立新图式，亦即增加新知识的同化即为顺应。这一看法源于我们对认知过程的相似原理的认识(张光鉴，1985；张铁声，1985)，它也许有助于使原有理论更具有简单性和统一性。图式的信息结构以及同化与顺应的内在机制究竟是什么？在认知发展的宏观描述背后起作用的信息处理过程是什么？这就是皮亚杰学说催人进一步追问的问题。在我们看来，类比与同化有关，同时也与顺应有关，因而建构类比的认知模型有助于在更深的层面上对皮亚杰的发生认识论作出解释或必要的补充和修正。

在形式逻辑中也曾着重考察过类比推理，把类比推理解释成"从两个对象(现象、过程)的某些类似特性和一个对象的已知特性推出另一个对象也具有这个类似的特性"的推理过程，并且给出了类比推理的形式：

A 对象具有属性 a、b、c、d

B 对象具有属性 a、b、c

因而 B 对象可能具有属性 d

也有人以为这个形式过于死板，难以概括谓词不相同情况下的类比推理实例，就在此基础上提出如下的类比推理形式：

A 对象具有属性 a、b、c、d

B 对象具有属性 a′、b′、c′

a、b、c 分别与 a′、b′、c′相似

因而 B 可能具有与 d 相似的属性 d′

还有人认为上述两种形式仅限于有关性质或者说一元谓词的情况，不够全面，提出要把多元关系或者说多元谓词引入，提出下列推理形式：

A 与 B 和 X 与 Y 之间具有类似关系 R

A与B之间有关系S

因而X与Y之间有关系S

除了上述以及类似的类比推理形式之外，传统逻辑还考察了提高类比可靠性的途径或方法。例如 И.Я.楚巴欣和 И.Н.布洛德斯基提出，"类比结论可靠性的提高，依赖于下列条件：1.依赖被比较现象中所考察的相似属性的数量；2.依赖这些属性的本质性的程度。一句话，被研究现象的相似点和区别分析得越详细，类比的结论根据就越充分"。此外，传统逻辑还就类比和归纳、演绎的关系进行过一些讨论。

形式逻辑提出了类比推理的若干基本形式，并且还在继续进行更深入的探索，这自然使人想到，与演绎的有效推理式相比，类比推理式的数量的确过于贫乏，似有进一步扩充的必要。此外，a和a′等属性之间的相似性，实际上已经超越了形式而渗透进了内容上的规定，在作纯粹形式上的考虑时，似应避免非形式的东西混杂其间。还有，有关增加类比可靠性的条件的确十分深刻，但这些内容也同样越出了康德对于形式逻辑的理解。最后，在某种意义上，给出两个相似事物之后，类比推理本身相对而言并不太难，难就难在提出问题以后如何搜索满足上述可类比条件的一组知识，这是一个与形式逻辑有关而又超越了其学科范围的重要问题。无疑，在构造形式与内容相统一的类比认知模型时，上述几个方面的问题都应该予以适当的体现和某种程度的解决。

以上不完全的叙述表明，许多学科都从特定角度对类比作了考察并且取得了研究成果。然而由于它们都不可避免地受到本学科目标的限制，所以，建立类比的认知模型的任务，就必须在继承和综合上述各个学科成果的基础上，由思维科学和认知科学来完成。

本文拟从认知科学的角度出发，尝试提出一个类比推理的认

知模型，并使之尽可能与其它学科的有关理论保持协调。

认知科学创始人之一 H. A. Simon(1981)认为，通常称之为直觉的东西就是专家通过识别解决熟悉类型的问题的过程。他指出："专家在日常工作中面临的大多数问题是他们在以前已经多次遇到过的，或者遇到的问题虽然和以前曾解决过的问题不完全相同，但大致和以前的问题属于同一类型，并且大致可以用相同或类似的方法来解决"。在 1985 年为欢迎 Simon 教授讲学而举行的思维科学学术讨论会上，他对作者提问时所持有的观点表示赞同，说他的直觉告诉他，达尔文之所以在阅读马尔萨斯人口论时想到生物进化的原理是因为问题情境与人口论中论述的某些内容同构。他说，这是一个他以前未想到过的有趣的提问。这似乎说明，识别出一个与问题情境在结构上相似的信息单元并依据这种相似性以相似信息单元中的对应信息项填补问题情境中的相应缺口在高度创造性的问题解决——即科学发现中起着不可忽视的作用。在某种意义上，这一过程也是符合格式塔学派的整体性原则的。类比的过程即属此类过程。在《相似论》(张光鉴，1985)中曾用"相似块"来指称与问题情境相似的知识单元，我们将在本文中沿用这个概念。现在我们的问题可以粗略地概括为：

1. 相似块，更具体地说就是可以用于类比的相似块究竟是什么？

2. 如何搜索相似块？

3. 如何用相似块进行类比？

本文拟对此给出一个初步回答，它也许远非完善和理想，然而却可能是一个有益的尝试。文中难免存在不妥甚或错误之处，欢迎来自各个方面的批评和指导。

II. 背景知识

在正式讨论之前，我们想概略地介绍一下与本文有关的知识。

依据我们的理解,较理想的认知模型不仅要与其原型——人脑在功能上相似,而且还应在动态过程上具有某种相似性。既然如此,一个理论是否具有心理实在性就不能不成为我们是否选择其作为背景的条件之一。众所周知,依据模糊数学模型编制的程序能够模拟人的某些思维过程,因此已在人工智能领域得到较为广泛的应用。不过,恰如模糊数学的开创者 L. A. Zadeh(1975)所言,他的理论基于这样一种观点,即“语言方法本质上并不是完全定性的,说得恰当一点,计算是在某种布景后面执行的,而且,语言近似用来把数换成字。”他举例说,在语言变量容貌的情况下,我们没有一个精确定义的基础变量,即,我们不知道如何表达美的程度。比方说,费依为 0.9,阿黛尔为 0.7,凯西为 0.8,而维拉为 0.9;一致性函数的这些值建立在印象的基础之上,我们无法用清晰的术语加以表达或加以形式化。换言之,一致性函数不是建立在数学上有精确定义的目标的集合之上,而是建立在加上标注的一些印象的集合之上。这种定义对人类是有意义的,但对计算机至少没有直接的意义。所以,为了使机器在功能上模拟人,使用给人的美色打分这样一种不得已的作法,以便建立模糊数学模型并加以计算是可以理解的。但这并不是说,人类思维在本质上全部可以归为数值计算,这与 von Neumann 有关人脑和计算机存在差异的思考是有距离的。我们认为,模糊的东西不妨就以其本来的面目予以处理,这样可能更接近人类思维的实际。

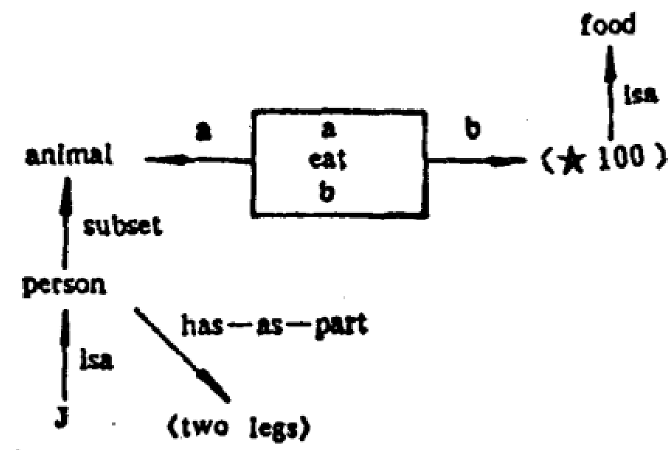
人脑在某种程度上可视为基于知识的信息处理系统。既然人类智能以知识为核心,欲寻求接近于人的认知模型就不能不从知识表示入手。值得注意的是,一些人工智能学家也认为新的知识表示方法可能导致人工智能研究取得实质性进展。

我们拟先从考察具有心理实在性的知识表示理论入手,分析其长处和不足,然后再以此为基础,设法扩展知识表示方式,进而提出相似块的搜索、匹配方式以及基于相似块的推理模型。

在已有的知识表示理论中,语义网络和 CD 理论已取得公认的成就,并被认为具有某种意义上的心理实在性。

许多人工智能系统都使用语义网络这种知识表示形式。这一表示形式最早是心理学家作为人类记忆的心理模型提出来的,现在仍然是心理学家的研究对象。Quillian,Anderson 和 Bower,以及 Norman 和 Rumelhart 都在这方面做了很多工作。人工智能学家感兴趣的是从实用观点出发研究为他们的系统所需要的语义网络。由于目标不同,所以没有对有所语义网络系统都适用的统一的简单原则。然而,正如 Avron Barr 和 Edward A. Feigenbaum (1982)所指出的,所有语义网络表示都具有如下共同之点,即它们都由结点(图示时可画作点、圆圈或方框)和连接结点的弧(或链,可带箭头)所组成,在结点和弧线上注有标记。结点通常表示论域中的对象(objects),概念(concepts),或情况(situat1ons),而弧则表示它们之间的关系(relations)。

下面这个语义网络(图 1)选自 D. A. Norman(1982)的著作:

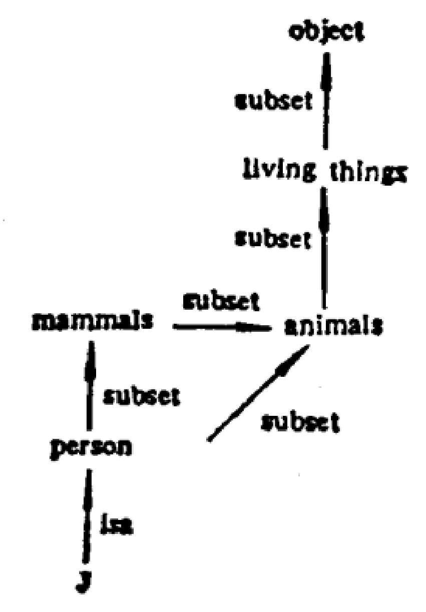


(food:食物,eat:吃,animal:动物,subset:包含于,person:人,has - as - part:有,isa:是,two legs:两条腿)

图 1. 语义网络一例

构成语义网络骨架的实际上是 Norman 所谓的谱系,亦即由特殊的关系“subset”和“isa”连成的子网络,它们分别表示概念之间的“子集”和“实例”关系。这样的子网络如图 2 所示,它构成一

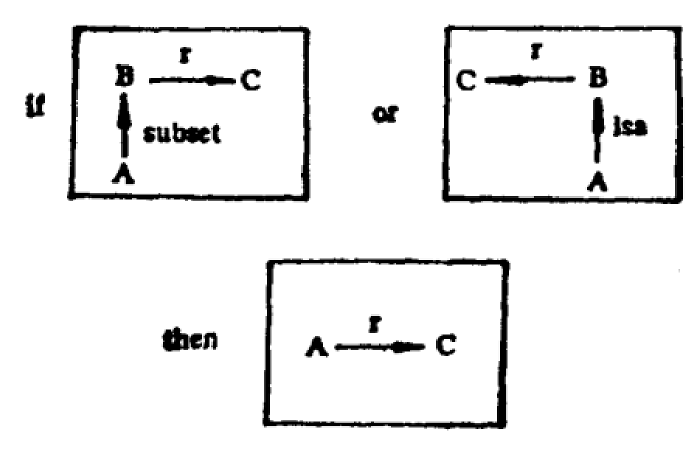
个谱系。



(object:实体,living things:生物,mammals:哺乳动物)

图 2. 语义网络上的谱系

语义网络的重要性质"遗传",就主要体现在谱系的子网络上,即一个概念的属性可以遗传给它的子孙——亦即它的实例或子集。如果 A 是 B 的实例或子集,又假定 B 对 C 有关系 r,则 A 对 C 也有关系 r,可图示为图 3:



(if:假如,or:或者,then:那么)

图 3. 语义网络的重要性质——"遗传"

正因为如此,Norman 称语义网络不仅是知识表示而且也是引导推理的强有力工具。

谱系子网络之所以具有如此重要的性质，是因为“subset”和“isa”与别的关系有所不同，是特殊的关系，它们刻画了两个概念本身的关系，具体地说，是两个概念的外延之间的关系，而不仅仅是两个概念所指称的对象之间的关系。这提示我们，在各种关系中，尤为重要的是概念本身之间的关系。因为它们反映了内在的必然联系，而不仅仅是外在的偶然联系。

在一般的语义网络中。关系是指论域中对象之间的关系，这就导致了一个缺陷，即忽略了关系之间的关系，特别是描述关系谱系的关系，而这样的关系又恰恰是概念本身之间的关系，因而可能是极为重要的关系。

语义网络是人类记忆中抽象知识表示的基本心理模型之一，它在解释某些推理过程方面所获得的成功给人留下了深刻的印象。如果进一步扩展语义网络这一知识表示形式，使其可以表示关系之间的关系，特别是关系谱系，就有可能加强其功能，从而对更为有趣的思维现象作出解释。

在知识表示领域中，有一个主要用来表示自然语言中句子意义的理论，叫做概念依存理论(conceptual dependency)，英文简写为 CD。这种理论所提出的表示方式有两个特点：

●便于从句子作出推断；

●独立于原来用以陈述句子的语言。

这个理论是 Schank(1973)开创的，1975 年，他又依据该理论在美国斯坦福人工智能试验室研制出了 MA - RGIE 系统(Meaning Analysis, Response Generation and Inference on English)，提供了自然语言理解的一个直观模型。然而，在此之前，这一理论一度被认为“还没有成为可以直接执行的程序形式，而且其算法也尚不明确”，只是引起了心理学家的关注。

CD 理论的主要原理有三：

1. 用任何语言表述的句子，只要其意义相同，则其意义表达式

只有一个。

2.CD 表达式中含有有限个语义基元(semantic primitive)。语义基元有两类,即基本行为和基本状态。

3.在句子的意义表达式中,须把隐含在句子中的信息尽可能显示出来。

Schank(1977)列出的 11 个基本行为是:

ATRANS 抽象关系的转移(如"给")

PTRANS 对象的物理位置的转移(如"去")

PROPEL 对对象施加物理力(如"推")

MOVE 移动自身的一部分(如"踢")

GRASP 行为者控制对象(如"扔")

INGEST 动物摄入对象(如"吃")

EXPEL 从动物体内排出东西(如"哭")

MTRANS 精神信息的转移(如"告诉"或"观看")

MBUILD 由旧有信息中构造新信息(如"决定")

SPEAK 发出声音(如"说")

ATTEND 感觉器官注意某种刺激(如"听",在 Schank(1973)的较早著作中被称为 CONC)

值得注意的是,这些基本动作的确概括了一类具有较大相似性的动作,有许多动作可以分别"隶属"于它们。换言之,与这些基本动作相应的关系可能位于关系谱系中较高的层次(当然未必是最高的层次,因为那可能是某些哲学范畴的位置)。

Schank 认为,CD 理论具有一定的心理学效应,它可以反映人们认知活动的直觉概念。心理学实验业已证实,虽然我们能很好地记住刚刚听到的东西,但往往不能用同样的语词来加以重复。这似乎说明,人们对句子意义的记忆往往依赖于深层的内部结构,而不是句子本身的外在形式。在这个意义上说,Schank 的理论的确具有心理实在性。

CD 理论虽然是在有关自然语言理解的研究领域中提出来的,但它的基本思想中的某些精华对于有关学习和推理的领域同样具有启发意义。

III. 二阶语义网络

Newell 指出,迄今为止,人工智能和计算机科学对于认知科学的综合体最基本的贡献是物理符号系统的表示,即能够拥有并处理符号,而且在物理空间中已经实现的各类系统的概念。F. Hayer－Roth, D. A. Waterman 和 D. B. Lenat(1983)则进一步认为,物理符号系统假设的突出的伴随物就是知识表示作为该领域的中心课题出现。换言之,就是这一领域有一个工作假设,即知识是可以表示的,也就是说,知识在很大程度上存在于用符号表示的有关世界的事实中。笼统地说在该领域,具体地说在专家系统工作中,它成为一个中心假设。这方面的注意力不断地集中在表示的基本问题上,尤其是集中在逻辑基础上和作为表示媒介的一阶谓词演算上。

我们从这一中心假设出发,不难得出语义知识,特别是有关关系之间的关系的语义知识也可以表示的结论。根据前面一系列的讨论,我们的直觉提示我们,这种知识的表示对于相似性识别,对于类比和隐喻甚至归纳都是至关重要的,因而有必要对此建立一种表示方式。我们不妨把关系之间的关系称为二阶关系,其中最主要的类型即上文提及的隶属关系以及与之密切相关的相似关系。原则上说,二阶关系的表示可以采用任何一种合适的形式,本文拟采用较为直观的语义网络形式。表示二阶关系的语义网络可称为二阶语义网络,为便于区别,可把原有的语义网络称为一阶语义网络。二阶语义网络表示的是谓词的内涵之间的关系。

语言学和形式逻辑中的某些理论与我们将要讨论的东西有关,回顾一下这方面的内容是有益的。

有关词义的研究，一直是许多心理语言学家感兴趣的课题。M. Brierwisch，J. Katz 和 Fodor，U. weinreich，G. Lakoff，J. Lyons，J. McCawley 对成份分析法（componential analysis）加以研究。这些研究基于这样一种观点，即词义可分解为一些语义特征（semantic feature），通过对于语义特征的分析可以确定词与词之间的某些关系。这些关系是：

(1)同义。如果两个词的语义特征相同，它们之间的关系就是同义关系。

(2)反义。如果两个词的语义特征只有最后一对不同或是互相排斥，它们之间就具有反义关系。

(3)逆义。如果两个词之间有一对语义特征不同，而这两个特征表示的是可逆转的关系，则这两个词就是逆义关系。

(4)下义。如果一个词具有另一个词的所有语义特征，同时又具有为其独有的若干语义特征，则这个词就是与另一个词有下义关系。

在我们看来，下义关系是非常重要的关系。说两个词之间有下义关系，其意义是有限的，而当我们说两个词同时与另一个词有下义关系时，就揭示出了这两个词之间的相似性或相似关系；特别是，当把某个词的集合中的元素都依据其隶属关系构成一个谱系时，就更容易看出这个词的集合中各个元素之间的相似性及其相似程度。这方面的研究似有进一步深入的必要。当然，对于我们来说，目前更关心的是谓词，而不是词汇。但类似的情况在那里也同样存在。

形式逻辑所考察的两个概念之间的关系实际上是这两个概念的外延之间的关系。它们是：

(1)全同关系。如果所有 a 都是 b，同时，所有 b 都是 a，那么 a 与 b 就有全同关系；或者说，a 全同于 b；或者说，a 与 b 是全同的。

(2)上属关系。如果所有 b 都是 a，但是，有的 a 不是 b，那么，

a 与 b 就有上属关系；或者说，a 上属于 b。

(3)下属关系。如果所有的 a 都是 b，但是，有的 b 不是 a，那么，a 与 b 就有下属关系；或者说，a 下属于 b。

(4)交叉关系。如果有的 a 是 b，而且，有的 a 又不是 b，而且，有的 b 又不是 a，那么，a 与 b 就有交叉关系；或者说，a 交叉于 b；或者说，a 与 b 是交叉的。

(5)全异关系。如果所有 a 都不是 b，那么，a 与 b 就有全异关系；或者说，a 全异于 b；或者说，a 与 b 是全异的。

a 与 b 有上属关系等价于 b 与 a 有下属关系。与有关词的关系的讨论相似，如果两个概念同时下属于某个概念，则可揭示这两个概念之间具有某种相似关系；进一步，如果依据这种下属关系把某个论域中的元素联成一个谱系，则可刻画这些概念之间存在的相似性及其相似程度。

两个关系之间的二阶关系可依据其内涵之间的关系加以描述。两个 n 元关系 P、Q 之间亦可能具有如下五种关系：

(1)全同关系。如果仅仅依据 P 和 Q 的内涵，有，任一指派 β 满足 $P(x_1,x_2,\cdots,x_n)$，当且仅当 β 满足 $Q(x_1,x_2,\cdots,x_n)$，则可称 P 和 Q 全同。

(2)上属关系。如果仅仅依据 P 和 Q 的内涵，有，任一指派 β 满足 $Q(x_1,x_2,\cdots,x_n)$，则 β 满足 $P(x_1,x_2,\cdots,x_n)$，反之则不然，则可称 P 与 Q 有上属关系。

(3)下属关系或隶属关系。如果仅仅依据 P 和 Q 的内涵，有，任一指派 β 满足 $P(x_1,x_2,\cdots,x_n)$，则 β 满足 $Q(x_1,x_2,\cdots,x_n)$，反之则不然，则可称 P 与 Q 有下属关系或隶属关系；亦称 P 隶属于 Q。

(4)交叉关系。如果仅仅依据 P 与 Q 的内涵，有，存在指派 β 同时满足 P 和 Q，也存在指派 β' 和 β''，β' 满足 P 而不满足 Q，β'' 满足 Q 而不满足 P，则可称 P 和 Q 有交叉关系。

(5)全异关系。如果仅仅依据 P 和 Q 的内涵，有，不存在指派

β同时满足 P 和 Q,则可称 P 和 Q 有全异关系。

如果依据隶属关系建立 n 元关系的谱系,则不仅可以描述关系的隶属关系,而且也可以描述 n 元关系之间存在的相似关系及其相似程度。值得注意的是,二阶关系揭示了关系的内涵之间的逻辑联系,而不仅仅是物理世界中真实关系之间的现实联系。附带说一句,二阶关系谱系和一阶网络上的对象谱系不同,具有也许可称之为"逆继承"的性质,亦即任一 n 元关系可以把满足它的 n 个对象"奉献"给更抽象的"长辈"。

就一个智能系统而言,其内部所表示的关系是有限的,也是独特的;依据其隶属关系而形成的关系谱系也是有限和独特的。这样的谱系所揭示的二阶关系不能不对该系统的认知能力有所制约。

设有 m 个彼此无全同关系的 n 元关系做成的集合 $\{p_0, p_1, \cdots\cdots, p_{m-1}\}$,简记为 P。其中,$p_0$ 为 n 元关系"具有 n 元关系"。显然,任一 p_i 至少隶属于 p_0。若一 p_i 隶属于 p_j,且不存在任一元素 $p_k \in P$,p_i 隶属于 p_k 且 p_k 隶属于 p_j,则称 p_i 和 p_j 之间的隶属关系为 P 上的最近隶属。若以 m 个结点分别表示 $p_0, p_1, \cdots\cdots, p_{m-1}$,将有最近隶属关系的结点 p_i、p_j 以有向弧连接,就构成一有限有向图 G,此有向图可称为关系集合 P 上的二阶语义网络。显然,该有向图无弧立结点,且任一 $p_i \neq p_0$ 皆为有向弧的起点(p_0 不是弧的起点),因为任一 $p_i \neq p_0$ 皆隶属于 p_0。显然,图 G 无有向回路,p_0 是 G 的根。总之,在理论上图 G 应是一个以 p_0 为根的不含有向回路的有限有向图。

如果 P 中任一元素 $p_i \neq p_0$ 仅最近隶属于一元素 $p_j \in P$,则 G 中每一结点 $p_i \neq p_0$ 都恰是一条弧的起点,此时图 G 即为有向树。

由于对任一图 G 中同起点的有向弧可加权处理,G 总可以化为若干有向树,所以我们主要讨论二阶语义网络为有向树的典型情况。该树如图 4 所示。

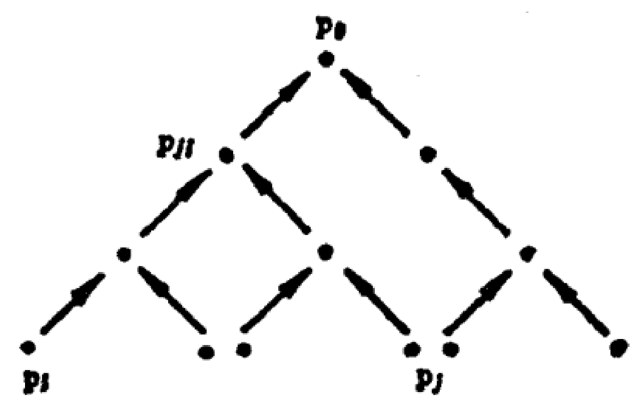


图 4. 二阶语义树示意图

值得注意的是，就一个具体的智能系统而言，未必有此完善的知识结构。它可能只有非常有限的 n 元关系，并且也未必全都以上述原则联成完整的谱系，因而可能是非连通的。但对某个特定的关系而言，仍有其亲属，所以以下的讨论将不失一般性。

设 G 为二阶语义树，以 G 上任意结点 $p_i \neq p_0$ 为起点，以 p_0 为终点有且仅有一条有向路。设 $p_i \neq p_0$ 为 G 上特定结点，$p_j \neq p_0$ 为 P 上任一结点，分别以 p_i、p_j 为起点，p_0 为终点就唯一地确定了两条有向路 p_ip_0 和 p_jp_0；此两条有向路的交一般仍为一条以 p_0 为终点的有向路，此有向路的起点可称作 p_i 和 p_j 的汇合结点；如果这两条有向路的交不是有向路，则就是 p_0，此时称 p_0 为其汇合结点。p_j 和 p_i 的汇合结点记作 p_{ji}。p_j 与 p_i 的汇合结点显然在有向路 p_ip_0 上，因此，形象地说，任一 p_j 与 p_i 的汇合结点可能是 p_i 本身，也可能是 p_i 的长辈结点。在二阶语义树上，p_j、p_i 及其汇合结点 p_{ji} 都表示关系，显然可以用 p_{ji} 来刻画 p_j 与 p_i 的相似性。

关系 p_j 和 p_i 的相似性表现在它们所刻画的东西都可以用一个关系 p_k 来重新表述。一般而言，p_k 较之 p_j 和 p_i 都更为概括（也可能相同）。在 G 上，p_k 可以是且只能是有向路 p_jp_0、p_ip_0 的交上的任一关系，而 p_{ji} 显然是这些关系中最为具体，因此内容也最为丰富的一个。所以，用它来刻画 p_j 与 p_i 的相似性是适当的。

对 G 上某个关系 $p_i \neq p_0$，任一关系 $p_j \neq p_0$ 与 p_i 的相似性可用

p_{ji}来刻画，而 p_{ji} 又在有向路 p_ip_0 上，所以任一结点与 pi 的相似性皆可用 p_i 或其"长辈"关系来刻画。这样，就可以依据 G 上的关系对于 p_i 的相似性将其划分为有限个相似类，这些相似类的特征关系分别为 p_i 本身，p_i 的父亲、祖父、曾祖等，最后一个即为 p_0。如果把 p_i，p_i 的父亲，p_i 的祖父……分别与其子孙作成的集合，依次用 S_1、S_2、…、S_r 来代表，则 S_1、S_2-S_1、S_3-S_2…都是对于 p_i 的相似类，其中每个类中的所有元素与 p_i 的相似性皆可用该类中的特征关系，亦即 p_i 或其"长辈"关系中的一个来刻画。

这样，在二阶语义树 G 上，任给一个关系 $p_i \neq p_0$ 就唯一地确定了 q 个对于 p_i 的相似类，其中 q 为有向路 p_ip_0 上的结点个数。以下分别用 S_{i1}，S_{i2}，S_{i3}…分别表示以 p_i 本身，p_i 的父亲、祖父、曾祖等为特征关系的相似类。显然，$S_{i,m-1}$中的关系，较之 $S_{i,m}$中的关系与 p_i 更为相似，可以把 $S_{i,m}$中的关系与 pi 的相似度规定为 m。这样，对于 G 上的一个关系 $p_i \neq p_0$，G 上的任一关系都与之相似，但相似程度则不尽相同，其相似度可以是 1，2，…，q。应当说明的是，对某一智能系统而言，这种对于相似度的把握，乃是对客观相似度的"主观"把握。

以上关于二阶语义网络的讨论可以很容易地推广到一阶语义网络上的谱系子网络上去。谱系子网络实际上是一个有根且无有向回路的有限有向图，可以简化为有向树，亦即通常所谓的分类树来考虑。以任一结点表示的实体或概念为参照，其它结点表示的实体或概念与它均具有不同程度的相似性，并且可以依据汇合结点与它的距离对相似的程度作出大致的估计。

由二阶语义网络和一阶语义网络以及在它们之间连接同名关系的双向弧共同组成的网络可称为扩展的语义网络(图 5)。

图 5 中，上面的平面上为二阶语义网络，下面的平面上为一阶语义网络，上平面和下平面之间的双向弧的端点分别为二阶语义网络上的结点(即关系)和一阶语义网络上的同名关系。从二阶语

义网络的一个结点上可能引出若干条双向弧与一阶网络上的若干同名关系相连。

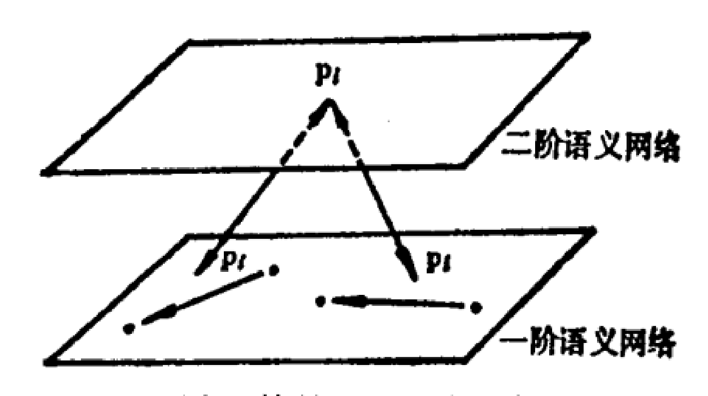


图 5. 扩展语义网络示意图

扩展语义网络也可以另一种形式表示(图 6)

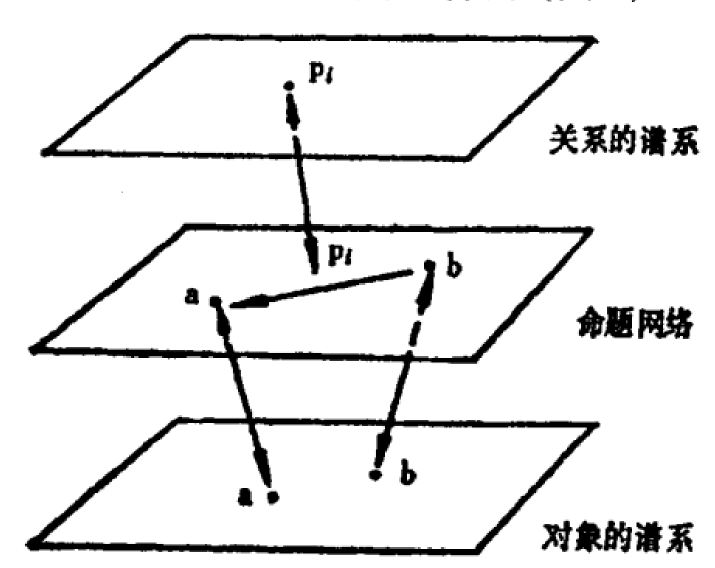


图 6. 扩展语义网络的另一种表法

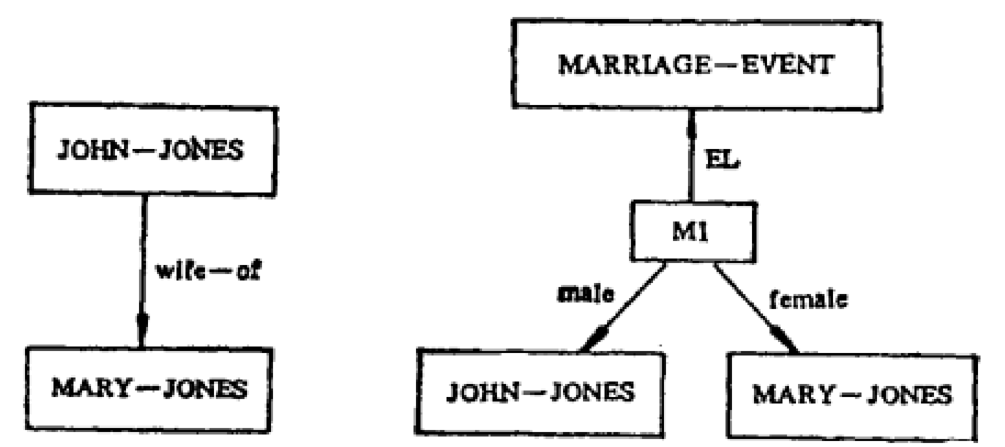
在图 6 中,关系和对象的谱系分别在上、下两个平面上,而表示对象之间现实关系的命题网络则处在中间平面上。

IV. 相似匹配

本节所谓的相似匹配是就一阶语义网络上的两个子网络而言的。所谓相似匹配有别于通常理解的匹配。我们深深感到,为了对类比的认知模型作出比较合理的描述,的确不应再拘泥于已有的匹配概念,否则,就会使类比丧失任何意义。必须提出新的概

念，并使之具有更大的灵活性，以揭示两个网络之间在深层语义上的相似性。

N. Nilsson(1980)指出，匹配操作类似于合一，对利用结构化事物作为产生式系统的综合数据库来说，匹配是基本的操作。由于结构化事物只不过是谓词演算形式化的另一种形式，所以，他认为如下的定义是适宜的：两个事物匹配，当且仅当与其中之一相关的谓词演算公式同与另一事物相关的谓词演算公式能够合一。他又指出，由于匹配操作通常是不对称的，所以有必要考虑弱的匹配定义：目标事物与事实事物相匹配，如果含有目标事物的公式与事实事物的一些公式中某一个子合取式合一。这种匹配表现在语义网络上，就是对应的关系必须形式相同，已知对象的对应结点也必须形式相同。Nilsson 指出，在任何的表示形式中，对基本上相同的信息往往存在几种可供选择的表示方法，由于结构匹配的定义建立在结构的精确形式之上，所以当作不同选择时，会得不到精确的匹配。如图 7 中的两个网络表示的都是"John Jones is married to Mary Jones."，语义完全相同，依据句法规则，它们却是不能匹配的。



(JOHN－JONES：约翰·琼斯，wife of：……的妻子，MARY－JONES：玛丽·琼斯，MARRIAGE－EVENT：结婚事件，EL：属于，M1：结婚事件 1，male：男性，female：女性)

图 7. 两个不匹配的等价结构

为克服此种不足，使用结构化事物的一些人工智能系统完善了匹配操作，它利用有关应用范围的专门知识可以使上述那些结构匹配。这些系统具有通常所说的“语义匹配器”的功能，也就是说，如果两个结构的含义是同一回事，匹配器就能断定两个结构相同。

然而，如果把匹配仅仅限制在语义相同上，显然难以使有关类比的研究取得实质性进展。为此，就有必要扩展原有的概念，以便使两个语义相似的知识单元能够匹配。

在类比中，有待解决的问题以及与该问题涉及的对象直接有关的已有知识可以表为含有变量的语义网络，可称为问题网络。而用以类比的具有相似性的知识单元也为一语义网络，可称为类比网络。

在图论中，如果两个图的结点之间存在着保持结点相邻性以及边的方向(若有的话)的一一对应关系，则称这两个图是同构的。按照图的同构定义，在弧之间也存在一一对应关系。问题网络和类比网络作为纯粹的图具有同构关系是这两个网络所表示的内容可以类比的必要条件。然而，这两个网络又不仅仅是图，它本身及其结点和弧都是有其内容的，这表现在结点和弧上所标出的对象和关系上。两个网络在图论意义上的同构仅仅说明它们所表示的内容在逻辑上的某种同型性，却不能对其语义上的相似性有所揭示。为此，就必须从形式相似过渡到内容相似，考虑对应结点所示对象之间的相似性以及对应弧所示关系之间的相似性。前者，有助于体现形式逻辑上提出的类比双方本质联系的程度；后者则有助于揭示在不同领域的不同术语背后隐藏着的所谓同一性亦即相似性。这些都是人能够凭借其语义知识直觉地把握的东西，但机械的匹配却难以模拟和体现这种能力。看来，把两个网络的相似匹配作如下理解是适宜的：

(1)同构(或者说结构相似)；

(2)对应结点所示对象相似;

(3)对应弧所示关系相似。

在(2)和(3)中,问题网络上的未知变量及其对应物当然不包括在内。

由于我们以前讨论到n元关系之间在理论上普遍存在着的相似性以及在实体或对象之间存在的类似问题,这就使得相似匹配似乎在表面上等价于同构匹配。然而,也正如我们曾说明过的,任一具体的智能系统所含有的谱系知识远非完善,所以对相似匹配所作的规定恰恰可以反映该系统把握相似性事物的状况和程度。就一个有着破碎谱系的系统而言,网络的同构未必意味着对应概念总是相似的。所以,对一个智能系统来说,相似匹配的两个网络总是同构的,而同构的网络却未必是相似匹配的。在这个意义上说,同构匹配并不能体现人类类比机制对于相似性的把握能力和直觉智慧。

由于相似匹配涉及到对应对象和关系的相似性,而这种相似性又具有程度上的差异,所以相似匹配也就自然具有不同的相似水平。也就是说,和一个问题网络相似匹配的目标网络未必限于一个,每个类比网络上的对象和关系与问题网络上的对象和关系依据其在谱系树上的亲属关系具有不同的相似度,正是对应结点的相应度和对应关系的相似度决定了相似匹配的相似度。不难看出,具有最高相似度的相似匹配是合一匹配,也就是说,合一匹配乃是相似匹配的特例。

V. 相似优先搜索

联想,尤其是相似联想的确是人类思维中至为重要的现象。从科学史上的发现过程可以看出,相似联想也存在优先问题,即往往是相似程度高的东西先联想到,尔后才由近及远。常常是借助于较高相似度的联想,就能够使问题得到解决。基于这些考虑,在

确定类比推理的搜索模式时，就应体现这种由近及远的相似联想规律，以便在尽可能缩小搜索范围的情况下获致问题的解决。这种搜索方式可称为相似优先搜索。

当问题在一阶语义网络上出现后，与问题所涉对象直接有关的知识被激活，并与问题一道构成问题网络。通过一阶网络上的谱系子网络，与问题网络上任一结点有 1 级相似关系的结点即被激活，可用该结点所示概念作为这些概念的附标，表明其间的相似性，以便在以后的相似匹配参照使用。同样，与问题网络上任一关系具有 1 级相似性的关系可以通过一阶语义网络和二阶语义网络之间的双向弧以及二阶语义网络上的关系谱系被激活，同时可将该关系作为这些关系的附标，以便在以后的匹配中参照。当然，结点被激活意味着所示概念被激活，关系被激活意味着有向弧被激活。此时，在一阶网络上就激活了与问题网络不同的许多新网络，可以在这个范围内搜索与问题网络相似匹配的目标网络。每一个使得相似匹配成功的目标网络都可以为问题解决提供具有可能性的猜想，这个问题留待下节讨论。进行过匹配的网络可加上标记，以免重复匹配。如在第一次搜索范围内未能找到满意的解，则可进入第二次搜索。第二次搜索范围为与问题网络的对象和关系有 1、2 级相似关系的对象和关系构成的网络，上次加上标记的网络不再重复匹配。具体过程和以上描述的过程相同。还可进行第 3、4、…次搜索。第 n 次搜索的范围为与问题网络中的对象和关系有 1——n 级相似关系的对象和关系构成的网络，前 n－1 次匹配过的网络不再重复匹配。(在问题得到解决之后，可消去这些标记以便解决新的问题。)

显然，第 n－1 次搜索过程中匹配成功的目标网络与问题网络的相似程度比第 n 次搜索过程中匹配成功的目标网络与问题网络的相似程度大。所以，把这种方式的搜索称为相似优先搜索是有道理的。

在相似优先搜索过程中，每一次成功的相似匹配都可以提供一个或几个可能解，此时，搜索过程即行中断，以便通过演绎和归纳等方式对解加以检验。如不满意则搜索可继续进行。在模拟这种过程时，为避免可能无效的搜索，也可设定搜索次数即搜索范围的上限。

VI. 猜想的获致

相似匹配成功，意味着找到一个与问题网络同构且对应对象和概念相似的目标网络，此时即可产生一个猜想，或说找到一个可能解。

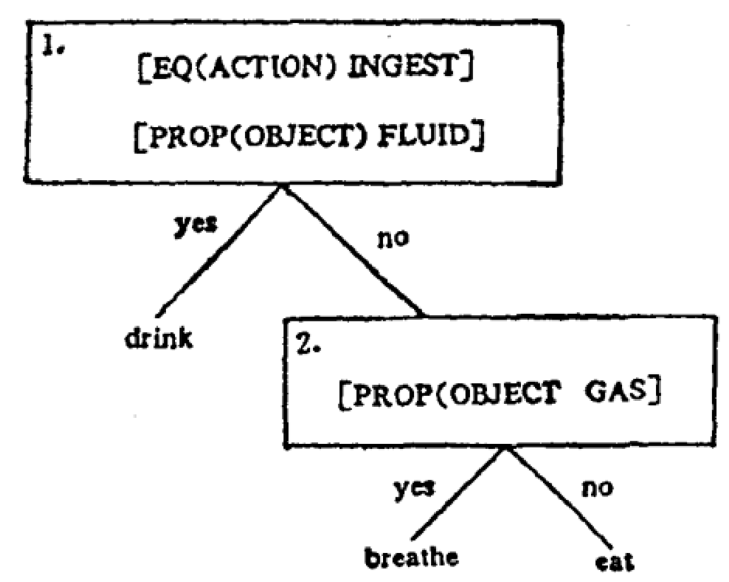
问题网络一般含有一未知的关系变量。最简单的情况是将目标网络上的对应关系赋予此变量，并将由此生成的新命题作为类比结果输出。但是，由于我们理解的网络相似可以是深层语义上的，所以这种简单处理所得到的未必是有意义的句子，所以有必要作更复杂的处理。

N. Goldman(1975)曾提出分辨网络概念。它是指一种可用以选择动词意义的的二叉树。如基本动作 INGEST(摄入)可用以表示 eat(吃)、drink(喝)、breathe(呼吸)，究竟选择那一个词予以输出要根据 INGEST 所涉及的事物的性质来决定。为解决此问题，可用图 8 所示的网络来进行选择。

在结点 1 上，如果摄入(INGEST)的客体(OBJECT)是液体(FLUID)，则其意义选择选择为 drink(喝)，否则，转入第 2 个结点；如果摄入的客体是气体(GAS)，则其意义选择为 breathe(呼吸)，否则，即可选择 eat(吃)。

类似地，可以用意义分辨网络来为关系变量选择有意义的赋值。选择的范围可以是与关系变量对应的关系及其子孙和祖先，选择的原则则是使关系变量所涉及的客体与关系的赋值组成有意义的句子。这意味着要具有相应的语言知识，这种知识可以用二

叉树意义分辨网络来加以表示。



(EQ:等同于,ACTION:行为,PROP:性质,OBJECT:客体,yes:是,no:否)

图 8. 二叉树分辨网络

如果有意义的关系不只一个,可以找到一个即行中断并检验之,不满意时可继续选择。

一般而言,较高层次的关系更具概括性,有意义的可能性亦较大,但与此同时得到的猜想也不那么具体,表现为一种具有启发性的提示。

VII. 结　语

本文通过引入二阶语义网络扩充了原有的语义网络,通过引入相似匹配拓广了原有的匹配概念,依据联想规律提出了相似优先搜索策略,并以上述三个概念为基础建立了一个类比推理的认知模型。这个认知模型只是人的类比推理机制的粗略近似,尚有待进一步完善。

我们认为,这个模型的特点是:

(1)它给出了问题产生后,依据相似联想规律由近及远地搜索可供类比的相似知识单元或相似块的搜索方式;

(2)它可以解释人为什么能直觉地把握不同概念或知识单元在语义层次上的某些相似性，从而跨越了语义同一这一相对狭窄的界限；

(3)它说明了类比推理在形式上的多样性和灵活性。这主要体现在相似匹配的概念上。

这个模型还显示了类比可能是一系列试错过程，在得到正确猜想之前，可能已有过为数不少的失败尝试。事实上，许多科学家的重大发现都是经过一系列无效的类比而最终作出的。科学发现中的灵感(顿悟)和形象(直感)思维往往假助于类比和隐喻，这一模型可能有助于对灵感和直觉中的某些现象作出解释。例如，在不经意的情况下，恰好合用而先前没有的相似块的输入可能导致灵感；在潜意识中进行的漫长而又有效的远距离搜索最终也可能表现为灵感。可以用这个模型对科学史上一些重大创见的发现过程作出合理的解释，其中包括卢瑟福的原子结构太阳系模型、汤川秀树的介子理论和达尔文物种进化学说的猜想过程。

本文提出的模型不仅适用于用语义网络表示知识的智能系统，也适用于以其它等价方式表示知识的智能系统。尽管在表述方式上可能有所差异，但其内在实质则是相同的。

对人类而言，这个模型在某种程度上具有心理实在性。进一步说，客观世界自身也具有体现着普遍相似性的实体关系之网和关系的关系之网，以及表面上不相干领域中的规律的同型性。如果智能系统的知识结构更加相似于客观世界自身的结构，从而更加广泛、深刻地反映客观存在着的普遍相似关系和普遍联系，就有可能发现更具有统一性和简单性的原理。

莱布尼茨曾朦胧地看出，大自然中的一切都是相似的。列宁则批判地认为，在这种识见的神秘主义外衣后面，包含有特种、深刻的辩证法。在这个意义上说，有关相似性的研究不仅有助于建立类比的认知模型，还有可能对科学认识论和科学哲学在某些方

向上的发展产生其特有的影响。

（张铁声　张光鉴）

参考文献

Winston, P. H., "Learning by Creating and Justifying Transfer Frames" In Artificial Intelligence: An MIT Perspective, P. H. Winston & R. H. Brown (Eds), MIT Press, Cambridge, Mass, 1979.

Cohen, P. R. & Feigenbaum, E. A., The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. 3 Pitman, 1982.

F. Hayer－Roth, D. A. Waterman & D. B. Lenat, 专家系统建造，山西人民出版社，1986。

张光鉴，相似论，《思维科学》1985年第1期。

张铁声，思维科学札记，《思维科学》1985年第2期。

Simon, H. A.，人解决问题对人工智能的教益，《自然辩证法通讯》1981年第1期。

Zadeh, L. A.，模糊集合、语言变量及模糊逻辑，科学出版社，1984。

Barr, A. & Feigenbaum, E. A., The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. 1, Pitman, 1982.

Norman, D. A., Learning and Memory, Freeman, San Francisco, 1982.

Schank, R. C., "Identification of Conceptualizations Underlying Natural Language", in Computer Models of Thought and Language, R. C. Schank & K. M. Colby (Eds), Freeman, San Francisco, 1973.

Schank, R. C., Conceptual Information Processing, North－Holland, Amsterdam, 1975.

Nilsson, N. I.，人工智能原理，科学出版社，1983。

7 从泛化到基于相似匹配的产生式系统

1. 引　言

美国数学家 G. 波利亚在其名著——《数学与猜想》和《怎样解题》中十分强调类比推理的作用。他指出，在遇到一个新问题时，解题者往往需要回想出一个以前解决过的与之相似的老问题，并利用后者的解或解法来求解前者。在他看来，这是引导问题求解的十分有效的重要方法。虽然波利亚的兴趣主要集中在数学问题求解上，但此种方法却不仅适用于数学问题，还适用于其它问题。正如他所指出的，"这种被某些作者称为启发式方法的研究并非发生在时髦的今天，而且在很久的过去，甚至还会在未来。"

美国人工智能学家 E. 利奇指出，尽管 G. 波利亚的著作对于那些想成为好的问题求解员的人来说是优秀的指南，但对于人工智能却并非灵丹妙药。他的理由是：

(1)这一方法依赖于人的能力，人要先理解好，再将之编进程序；

(2)规则太笼统，因而很难用于引导搜索。

尽管 G. 波利亚没有为计算机模拟此种思维提供现成的理论，却并不意味他提出的方法以及与之相伴随的大量实例对于人工智能研究没有指导或启发意义。应当承认，人工智能当前要想实现这类方法是存在一系列困难的。欲达此目的，我们需要回过头来认真细致地思考人的，特别是专家的思维过程，并从中提炼出适于

计算机模拟的思维模型,而不应满足于停留在已有的技术或理论上。

事实上,人工智能的许多基本思想都源于对人类智能的研究。现有的人工智能系统,特别是专家系统,大部分是产生式系统,难怪N.J.尼尔逊在《人工智能原理》一书中要以产生式系统的概念统率其全部材料了。明斯基对产生式系统的出现给以很高评价,他认为这标志着程序设计进入了一个新纪元:从此程序将以它的设计者事先不完全知道的方式来解决问题,因为程序已被告知可以做哪些尝试,因此无需事先精确地知道它要做什么。

追根溯源,产生式系统与巴甫洛夫的条件反射研究有着直接的内在联系。众所周知,行为主义心理学派的理论是以巴甫洛夫的"条件反射"概念为其基本出发点的,这明显地反映在该学派创始人华生的代表作——《行为主义观点的心理学》上。正统的行为主义心理学主张只研究个体的行为,亦即只研究刺激和反应(S-R),不研究意识。这样的心理学实质上取消了对于心理过程本身的研究,而把注意力仅仅集中在其外部制约因素和外部效应之间的联系上,这种极端的观点显然是片面的。新的行为主义心理学不得不对S-R理论加以修正。刺激S不再仅仅限于外部刺激了,它同时也包括内部的刺激,反应R的情况亦复如是。这就把心理结构和心理过程重新召回到心理学的主流中来。我们知道,S和R并非互相排斥的概念。一组刺激-反应对中的反应可以是另一组刺激-反应对中的刺激。因此,一连串的内部刺激和内部反应可以用来描述心理过程。有人认为,许多复杂的心理观象都可以通过适当的刺激-反应链作出较为令人满意的解释。类似的观点在信息加工心理学中以新的形式出现了。正如H.A.西蒙指出的,刺激就相当于人们识别的模式,反应就相当于由于模式识别成功而把与这模式有关的知识和信息加以复现。他明确指出:"信息加工心理学就是把刺激-反应公式发展到一种更新的形式。我

们现在不叫刺激－反应，而叫产生式。”“产生式系统”的概念是由波斯特(1943)提出的一种计算形式体系那里引入的，这种体系是以串替代规则为基础的。波斯特证明了，这种产生式系统可用以模拟任一可计算过程，这无疑会给人们留下极其深刻的印象。这种产生式系统与修正后的S－R理论描述的心理过程具有惊人的相似性。也许正是由于注意到这种相似性，才最终导致了从作为计算形式体系的产生式系统那里借用某些概念和思想来构造人的认知模型。当然，这里需要的不是串替代规则，而是纽厄尔和西蒙的串－修正产生式规则了。另一方面，计算机在非数值计算方面的令人惊异的应用，显露了它作为一般符号处理系统的潜在能力，这就使得人们意识到，可以用计算机为工具来模拟人类思维的产生式系统。在这个意义上可以说，人工智能领域的产生式系统实植根于条件反射的研究。

有人认为，由于引入了产生式系统的概念，信息加工心理学就克服了行为主义S－R学习理论的缺陷。这些缺陷主要有：

1、S－R理论只考虑外部的刺激和外显的反应，忽视了内部的刺激和反应。

2、S－R理论把刺激视为无结构的简单刺激，忽视了具有结构的复杂刺激。

3、S－R理论把刺激－反应看作是机械的呆板连结，忽视了它的概括性或灵活性的一面。

发人深思的是，现有的产生式系统自身是否还有缺陷，使之不能更理想地模拟人的某些认知或思维过程？找到并设法克服这种缺陷，无疑会有助于构造新型的产生式系统。产生式系统实源于条件反射研究这个事实给我们以这样的启示，那就是，新的方法也许仍需从有效的旧有理论中去寻找。“泛化”是与“条件反射”密切相关的概念。与条件反射的情况不同，信息加工心理学对泛化以及以其为内在机制的迁移的研究相对薄弱，这必然也就给用计算

机来模拟相应的行为带来了困难。有理由期待，由"泛化"出发的思路可以把我们引向具有更高智能的人工系统。

2. 泛化与人类智能

泛化是人类智能中十分值得注意的重要现象，从以往有关思维和学习的研究成果中可以清楚地看到这一点。

正如G.波利亚在研究数学问题求解中所发现的那样，心理学家也发现，相似的知识或经验单元——相似块在问题求解中起着至为关键的作用。例如，德国心理学家、格式塔心理学的奠基者邓克尔提出了问题解决的"共鸣说"，他把相似块在问题解决中的效应称为"共鸣"，认为大多数问题解决都依赖于这种效应。"共鸣"即指通过认识－知觉反应把以前的经验自动地应用于当前的问题情境中。当然，在"共鸣"效应确定了解决问题的方法之后，解题过程还要出现反复试验的情况。邓克尔的成就实受益于他的老师——韦特墨，后者十分强调将过去的经验用于求解新问题这种能力的重要性，他认为这在某些情况下有助于产生顿悟。附带说一句，可以把这种能力比喻成一把双刃剑，因为它有时也可能会妨碍问题解决。和在问题解决中的情况类似，相似的知识或经验在学习中也通过泛化起着不容忽视的作用。先前的学习往往影响着以后的学习，这被称作"迁移"。更本质地说，是先前习得的知识和经验在影响着以后的学习。值得注意的是，是怎样的知识和经验在学习中起作用？它又是如何起作用的？

实验表明，有助于完成学习任务的正迁移是两个刺激之间的相似性的函数。关于迁移，有如下几个公认的结论：

1、正、负迁移都主要取决于所要学习或练习的材料的特性。

2、最重要的因素是刺激－反应情境中包含的相似程度，S—R之间的相似关系决定了是产生正迁移还是负迁移。

其原理是：

1、刺激之间的相似性与反应之间的相似性相搭配，一般导致正迁移。

2、刺激之间的相似性与反应之间的差异相搭配，一般导致负迁移。

总而言之，人在学习中总是倾向于调用与相应刺激具有相似刺激的已有知识或经验，亦即相似块，并且总是倾向于产生与相似块中的反应相似的反应。在正、负迁移这两种完全相反的现象背后起作用的实为同一种认知机制，这种机制即是泛化。在我们看来，问题解决中的共鸣效应也以泛化为其内在机制。类似地，"共鸣"也会导致两种不同的结果——成功或失败。

简括地说，智力行为就是学习新东西或把先前的知识应用于新的问题上。这意味着，智力行为主要是指学习和问题解决。由以上讨论可知，智力行为一般都以调用相似块为其核心过程，在新、老刺激之间的相似度超越所谓"同一"的界线时，调用相似块的效应就被称之为泛化。

既然人类的创造性思维和学习都与泛化密切相关，欲研制具有更高思维和学习能力的新型人工智能系统，从模拟泛化入手可能是适宜的。条件反射的功能已经可以通过产生式系统来实现，现在的问题是，如何把泛化功能加入到产生式系统中去。

3. 泛化与相似性研究

说到泛化就不能不说到相似性——相似性的表示、相似性的识别以及基于相似性的搜索和推理。莱布尼茨认为，宇宙间没有哪两种事物是完全相同的，他把这称之为差异律。但他又认为，自然界中的一切都是相似的，也就是说没有哪两种事物是完全不同的。我们心目中的相似律兼容上述双重意义。列宁曾把莱布尼茨有关相似的观点评价为特种的、深刻的辩证法，其原因之一也许正在于，"相似"可以把"同"与"异"这对对立的概念统一起来。哲学

性质的命题当然应当具有普适性。事实上.根本就不存在什么完全相同的刺激或反应,唯一可能存在的仅仅是相似的刺激或反应而已。两个事物的“相同”或“等同”是人设定的,这实际上是在两事物的相似度足够大的情况下,由于我们的认知系统未能发觉或忽视了其间的差异而造成的。在这个意义上可以说,泛化与条件反射是不可分割的。一般所说的泛化是指刺激或反应的相似度不足以被视为同一的情况下而出现的扩散倾向。诚然,在某些情况下,泛化会导致错误。但值得注意的是,泛化更有其积极的一面:它有助于灵活运用已有知识或经验去解决新问题;它还有助于获取新的知识或经验——这也许可以称为“基于泛化的学习”。泛化机制对于人的智能是如此之重要,以至于我们可以说,不深入了解泛化,就很难谈得上了解和模拟人类智能。

如前所述,模拟泛化涉及到一系列与相似性有关的问题。恰恰是在这里,人工智能遇到了麻烦。人工智能学家早已认识到,运用习得的或记忆中的知识的最有效途径之一是拥有识别当前问题和那些以前遇到过的问题之间的相似性的能力。Evans(1968)曾设计过一个有能力求解属于标准智力测验一类的几何类比问题的系统。Kling(1971)利用一种基于类比的方法来改进一个定理证明系统的效率。Ulrich 和 Moll(1977)描述了一种在程序综合中应用类比的系统。Winston(1979)描述了一个关于在学习中应用类比的理论,他还意识到知识表示是产生计算机智能的关键。Winston 同时指出,知识表示的理论还只是刚刚出现,有许多问题尚待进一步研究。他列举了三个重要研究课题,其中就有两个涉及到相似性,它们是:

●匹配程序应当怎样对框架进行比较呢?这里必须处理事物大致匹配但不完全匹配的情况,也许一部分关于匹配的知识应当包含在框架本身之中。

●怎样通过老的框架的专门化或广义化得到新的框架?怎样

使相似的世界联系起来，以便用于某处的新框架可以自动地从其它框架中产生出来？

尽管人们为解决这类问题付出了巨大的努力，P. R. Cohen 和 E. A. feigenbaum 在其编著的《人工智能手册》第三卷中还是没能象在讨论别的研究领域时所做的那样，列出有关的参考文献。他们认为这方面的研究进展相对迟缓的原因在于人们还没有真正弄清楚以下三个问题：

1、相似性究竟是什么？

2、如何识别相似性？

3、如何从相似的知识库中调用相关的知识以及如何运用它们去完成想要完成的任务？

有关相似和类比的研究是值得为之付出重大代价的，因为正象明斯基在回顾了人工智能走过的历程之后所预言的那样，这类研究将会赋予计算机以新的智能。他指出，曾有几个研究者尝试采用一种可以学习和类比推理的程序，然而他认为，从事此种研究的人为数太少了，因为这类程序有朝一日将会认知记忆中的哪些旧经验与新的情况最相似，也就是说，它们可以“回忆”起在与新问题相似的老问题上用哪种方法解决问题最有成效。

总之，不解决与相似性有关的基本问题就弄不清泛化的机制，当然也就不能构造出具有泛化功能的产生式系统。因循守旧就会裹足不前，这里需要的是新的概念和思想。

4. 泛化的信息处理模型——基于相似匹配的产生式系统

E·利奇认为，对于人工智能系统的研制而言，真正需要的是一种含有智能推理过程的好模型。哲学家、逻辑学家、心理学家、语言学家和人工智能学家共同工作的新领域——思维科学和认知科学就把建立智能系统的思维模型和认知模型作为自已的主要奋斗目标。在尝试建立具有泛化功能的产生式系统认知模型时，一

些著名人工智能学家的直觉是具有极为宝贵的借鉴意义的。如：温斯顿曾建议，应从能够体现相似性的新的知识表示方式人手；西蒙和明斯基强调应注意复杂的、综合的网络的作用。所有这些对于今后的工作无疑具有重要的参考价值。

我们在《一个类比推理的认知模型》(《思维科学》,1986年第4期)一文中曾提出可以体现关系之间的相似性的二阶语义网络这一新的知识表示方式，并使之和原有的语义网络连接起来构成了更为复杂的扩展语义网络。扩展语义网络可以同时体现对象、关系以及由指称对象和关系的词项组成的命题之间的相似性和相似程度。我们还指出了“合一匹配”的局限性，提出了以它为特例的“相似匹配”的概念。为解决若干相似块的竞争问题，我们又提出了可以模拟人类由近及远地进行相似联想的相似优先搜索策略。这些概念和想法同样也有助于建立具有泛化功能的产生式系统认知模型。由于这个模型的推理机制是建立在相似匹配的基础上的，也许可以称之为基于相似匹配的产生式系统。

二阶语义网络主要是为了表示关系之间的相似性和相似程度而引入的。在原有的语义网络(一阶语义网络)上结点表示论域中的对象，而连接结点的弧则表示对象之间的关系。其中，由“subset”和“isa”关系连接而成的子网络表示对象之间的“包含”和“隶属”关系。由于可以把一种对象的属性具有必然性地赋于其子集或实例，所以，一阶语义网络不但是知识表示，而且也是引导推理的有力工具。然而，原有的语义网络忽视了关系之间的关系，特别是关系之间的隶属关系，这就导致了它的局限性。如果n元谓词p比q更具体，我们就说p隶属于q。这样依据n元谓词之间的隶属关系就可以构成以关系本身为结点的二阶语义网络，它表示的是关系的“谱系”。如果两个关系具有共同的“祖先”，则它们就是相似的；如果p和r“同父”，g和r仅仅是“同祖”，就可以认为p与r之间的相似度要比g与r之间的相似度大。由二阶语义网络、一

阶语义网络以及在它们之间连接同名关系的双向弧共同组成的网络可称之为扩展语义网络，它通过二阶语义网络和一阶语义网络上的谱系可以分别表示对象之间以及关系之间的相似性和相似度。

人工智能中的“匹配”一般是指所谓“合一匹配”。简单说来，合一匹配的网络就是同构且对应对象和关系都相同的网络，也可以说是某种语义相同的网络。这样的匹配不能反映两个网络在语义上的相似性。为此，我们拓广了“合一匹配”，提出了“相似匹配”的概念。两个一阶语义网络是相似匹配的，当且仅当它们满足：

(1)在图论意义上同构(或者说结构相似)；

(2)对应结点所示对象相似；

(3)对立弧所示关系相似。

由于相似匹配建立在对象之间和关系之间的相似性的基础上，并且这两种相似性都具有程度上的差异，所以相似匹配的网络亦可因对应对象和对应关系在相似度上的差异而具有不同的相似度。具有最高相似度的网络之间的相似匹配就是合一匹配。换言之，合一匹配乃是相似匹配的特例。

和某个网络相似匹配的网络可能有很多，为了使与该网络相似度较高的网络能被较早搜索到，我们又提出了相似优先搜索的策略。其要点是，在给出有待匹配的网络之后，首先“激活”与该网络上的“对象”和“关系”最相似的“对象”和“关系”，在由它们构成的网络集合中进行搜索；然后再激活次一级相似的“对象”和“关系”，如此等等。显然，这样的搜索需要依据二阶语义网络上的关系谱系和一阶语义网络上的对象谱系所示的相似度来进行。

可以把相似匹配以及与之密切相关的相似优先搜索策略引入到产生式系统中去，用以建立具有泛化功能的认知模型。E. 利奇虽然曾提到过近似匹配的概念，但和这里所说的相似匹配是两码事。他并且认为，主要是在涉及世界的物理描述时才需要近似匹

配,其理由是,在这类情况下,严格匹配常常会导致找不到可用的规则而进入停机状态。他举例说,在处理语音理解问题时,应当把对一物理波形的描述映射成单音(英语音素的例示,如 p 或 d),这就不能不求助于非精确的匹配。然而,正如我们在本文中一再重复提到的,非严格的匹配或称相似匹配在创造性问题解决和学习中的作用使得我们没有理由在人工智能的相应领域中回避它。由于我们所说的相似匹配以合一匹配为特例,又由于相似优先搜索策略可以保证合一匹配的优先权,这就使得人们有理由期待,基于相似匹配的产生式系统会在保留原有产生式系统全部优点的情况下,进一步具有模拟泛化的功能,从而以更接近于人的方式从事创造性的问题解决和学习。当然,在这里,并不能简单地调用相似匹配的规则的右部,还需要对其作出相应的相似变换:用已知事实或条件中的相似对象和关系替换规则右部的对应物,并利用二叉树分辨网络使之具有意义。

有位专门研究思维的著名哲学家兼心理学家指出,大多数思维,特别是创造性思维是在现实主义和想象主义这两极之间交替出现的,这与另一位科学哲学家所谓"必要的张力"的提法有异曲同工之妙。所谓现实主义是指严格地坚持逻辑和科学的准则,想象主义一极则允许人们使用由知觉提供的原始资料进行比较和想象,提出新的猜想和作出新的尝试。而人类的创造性思维则是现实主义和想象主义的对立统一体。我们可以看到,在基于相似匹配的产生式系统中,这两种态度和风格乃是同一种认知机制的不同表现。

如果基于相似匹配的产生式系统能够解释更多、更复杂和更有趣的心理现象,就有理由认为它更适于描述人的智能。当然,人的认知系统可能是多层次并行处理信息的复杂巨系统。简单性原则使我们有理由猜测,每个子系统处理信息的方式也是相似的。其区别主要不在于认知机制,而在于认知功能:高层次的子系统引

导着较低层次子系统的工作并对之出评价。所谓“科学鉴赏力”和“科学美感”也许就寓于那最高的层次中。

（张铁声　张光鉴）

8 论或然推理的符号形式

1.引　言

日本逻辑学家泽田允茂指出:“同演绎逻辑的系统化相比较,归纳逻辑的系统化不只是远远落后的问题。毫无疑问,我们确实在非常多的场合,使用着归纳推理。但是。我们是否真的为归纳推理提供了逻辑上或形式上的根据呢?”[1]事实上,这样的问题并不仅仅存在于归纳推理的理论中,而且更一般地存在于或然推理的理论中。

或然逻辑系统化的问题是罗素首先提出来的。在完成了数理逻辑的理论研究之后,罗素敏锐地注意到:“演绎法已变得不象以前人们所认为的那样有效;除了用新的说法叙述一些在某种意义上早已被人认识到的真理以外,它并不能给我们以什么新的知识。”为了寻求获致新的知识亦即所谓“综合性知识”的推理方式,罗素把目光转向了归纳法。但他终于认识到,归纳法“象绞刑吏一样”,是“一件不可少的但却令人不快的事物”。其理由在于,“从心理学方面来讲,归纳法并不是按照教科书上所说的方式进行的”,而是“发生在比有意识的思想较低的一个等级上”。他还认识到经验主义的观点——“一切综合性的知识都以经验为基础”是不够的,必须承认“超出演绎逻辑范围的推论原理”。他把这种超出演绎逻辑范围之外的“永远只带有概然性的”推理称为“实质性推理”。不难看出,他所谓的“实质性推理”实际上主要是指或然推

理。罗素把后半生的大部分精力耗费在寻求实质性推理的公设上,其“理想则是在演绎逻辑方面已经取得的那种系统化”[2]。

令人遗憾的是,泽田允茂对归纳逻辑研究状况的评价说明,我们现在距离罗素当年的理想依然十分遥远。为了走完这段路程,无疑还需要克服许多障碍,或然推理的符号形式及其认识论依据就是有待解决的基本问题之一。本文与其说想要解决这个问题,还不如说只是想谈一点不成熟的看法,以期引起更深入的讨论。

我们知道,推理可以表为蕴涵式,演绎推理可表为永真蕴涵式。由谓词逻辑中的可靠性与完全性定理可知:演绎推理均可表为可证蕴涵式;反之.可表为可证蕴涵式的推理亦必为演绎推理。这就给出了演绎推理的符号形式。我们现在感兴趣的是,能否为或然推理的形式也划定一个范围。

乍看上去,这个问题似乎并不复杂。我们知道,合式公式可分为三类:永真式、永假式和既不永真也不永假的公式。为简明计,不妨把后者称之为两可式。两可式在某些解释下为真,在另一些解释下为假。或然推理既不可能表为永真蕴涵式,也不可能表为永假蕴涵式,因为在这两种情况下,推理都不是或然的。如果前提为真,在第一种情况下结论必真,在第二种情况下结论必假,都谈不上有什么或然性。这很容易使人产生以下想法——或然推理均可表为两可蕴涵式,反之,可表为两可蕴涵式的推理亦均为或然推理。如果我们把一切在逻辑上不能断定其结论必然为真或必然为假的推理都称作或然推理,上述结论在特定的范围之内是成立的。事情当然远非如此简单。因为科学史和日常生活中的事实告诉我们,人类仅仅认为某些类型的或然推理才是合乎直觉或合乎理性的,我们所要考察的正是这种意义上或然推理。这样一来,上述结论就不那么令人满意了。

比如,传统逻辑中的不完全归纳法具有如下模式:

S_1 是 P

S_2 是 P

……

S_n 是 P

S_1,S_2,……,S_n 是 S 类的一部分

所以,所有的 S 都是 P

如果我们将该模式的结论部分予以否定,则有如下模式:

S_1 是 P

S_2 是 P

……

S_n 是 P

S_1,S_2,……,S_n 是 S 类的一部分

所以,并非所有的 S 都是 P

不完全归纳法的一个实例是:

金是固体

银是固体

铜是固体

铁是固体

金、银、铜、铁是金属。

所以,所有金属都是固体

而上述否定形式的相应实例则为:

金是固体

银是固体

铜是固体

铁是固体

金、银、铜、铁是金属

所以，并非所有金属都是固体

这两种模式都是广义的或然推理的形式。在上述实例中，由不完全归纳法得出了错误结论，由其否定形式反倒推出了正确结论。尽管如此，人们还是认为有理由并习惯于使用不完全归纳法而不是其否定形式。前者才是本文所要考察的对象，而后者则不是。

当然，我们也不能把或然推理仅仅理解为传统逻辑中讨论的归纳与类比。这两种推理形式从演绎逻辑的观点看来都是不正确或非有效的推理形式。发人深思的是，恰恰是它们而不是那些正确或有效的推理形式才能推出本质上的新知。这提示我们，其它或然性的"非有效"推理形式似乎也不应受到冷落，因为正是它们才有可能用于获取知识而不仅仅是运用知识。

幸运的是.人们曾提出过许多这种类型的推理可供我们借鉴。我们需要做的是，考察合乎人们直觉的或然推理的类型，尽可能从中概括出其一般的符号形式，并进而寻求其认识论依据。

在进一步讨论之前，我们还应明确，这里所说的或然推理是仅就推理的形式而言的，并不考虑具有或然性前提的推理。也就是说，即便前提皆为真，这种推理的形式本身就决定了结论的或然性。因此，皮尔士所谓的不明推理(abduction)不在我们考察的范围之内。因为它指的是这样一种推理，其中大前提是明显的，而小前提是或然的，因而结论也是或然的。

2.历史上的有关研究

对或然推理形式的探索有着漫长的历史。正如我们前面已经提到过的，传统逻辑中的不完全归纳推理和类比推理实际上都是或然椎理的特例。类比推理曾被某些学者看作是归纳推理的附

庸，也有人认为它不过是归纳和演绎的相继运用而已。事实上，类比推理具有和归纳推理不同的形式，把它作为一种独立的推理形式来加以研究是适当的。传统逻辑还讨论过“假说”，但一般都是把它归诸归纳和类比，实际上并没有提出独立的产生假说的推理形式。

19世纪初，皮尔士曾提议把溯因法与归纳法、演绎法并列为与科学研究不同阶段相对应的三种方法。他认为，归纳法和演绎法在检验真理时起作用，而溯因法则在理论生成时起作用。他的观点也许有失片面，因为归纳甚至演绎在理论生成时也并非不起作用。然而，他的功绩则在于，提醒人们注意一种有别于归纳和类比的或然推理——溯因推理。他设想的溯因法具有如下形式：意外的事实C被观察到，如果A真则C真，因此有理由设想A真。这种推理的形式可以用命题逻辑的符号表为：

$p \rightarrow q$

q

———————

p

在1978年举行的雷诺科学哲学讨论会上，柯特宣读了题为“发现的逻辑：三种方法的分析”的论文，重新提到皮尔士的观点，并认为这是很值得重新引起重视的[3]。近年来，美国认知科学家D.A.泰勒也提醒人们注意他称之为“三段论”的推理[4]。这种推理的一个实例是：

按门铃的按扭门铃就响

门铃响了

———————————————

按扭被按了

可以看出，它和皮尔士所谓的溯因推理具有同样的形式。

20纪50年代，G.波利亚在《数学与猜想》一书中提出了“合情

推理”的概念，并给出了约二十个这种推理的模式[5]。他把推理分为五类，即：论证的、削弱的论证的、归纳的、削弱的归纳的和类比的。其中，“论证的”推理亦即演绎推理，后四类则属于“合情推理”。

在“合情推理”中，两种“削弱的”推理的前提不是作出断言，而只是表述了带有倾向性的看法，如“p较可靠”或“p较不可靠”等，与皮尔士所谓的“不明推理”相类，因此不在本文考察范围之内。所谓的“归纳的”和“类比的”推理则属于或然推理，但其形式与传统逻辑中的同名推理不尽相同。

他提出的或然推理模式有四种，其中有一种他认为具有更基本的意义，被单独称为“基本归纳模式”：

A→B

B真

———————

A较可靠

可以看出，波利亚的“基本归纳模式”与传统逻辑中所谓的“归纳推理”形式不同，反倒与皮尔士的“溯因推理”具有相同的形式。

波利亚提出的其它三种或然推理的模式分别是：

		H→A
B→A	A|B	H→B
B假	B假	B真
———	———	———
A较不可靠	A较可靠	A较可靠

其中，A|B等价于～(A∧B)或A→～B。

他把H→A和H→B说成是A与B相似，于是最后一种模式也可写成：

A与B相似

B真

A较可靠

他把这种模式的推理称作“类比推理”，这与传统逻辑中所谓的类比推理也并非完全等同。波利亚认为他所说的“归纳”和“类比”只不过是“合情推理”的特殊情况。也许更适当的说法应当是，这些推理只不过是或然推理的特殊情况。

3.或然推理的符号形式及其认识论依据

如将上一节提及的或然推理用命题逻辑或一阶谓词逻辑的符号表为蕴涵式，自然会发现这些公式都是两可式。附带说一句，在数理逻辑教科书中往往对两可式不单独命名，也许在某种程度上正反映了对它们的忽视。这些两可蕴涵式有：

$$(1.1)(P(a_1)\wedge P(a_2)\wedge\cdots\cdots\wedge P(a_n))\wedge(Q(a_1)\wedge Q(a_2)\wedge\cdots\cdots\wedge Q(a_n))\rightarrow(\forall x)(Q(x)\rightarrow P(x))$$

(传统逻辑中从个体到类的归纳推理)

$$(1.2)((\forall x)(P_1(x)\rightarrow Q(x))\wedge(\forall x)(P_2(x)\rightarrow Q(x))\wedge\cdots\cdots\wedge(\forall x)(P_n(x)\rightarrow Q(x)))\wedge((\forall x)(P_1(x)\rightarrow R(x))\wedge(\forall x)(P_2(x)\rightarrow R(x))\wedge\cdots\cdots\wedge(\forall x)(P_n(x)\rightarrow R(x)))\rightarrow(\forall x)(R(x)\rightarrow Q(x))$$

(传统逻辑中从种到属的归纳推理)

$$(2.1)(P_1(a)\wedge P_2(a)\wedge\cdots\cdots\wedge P_n(a))\wedge(P_1(b)\wedge P_2(b)\wedge\cdots\cdots\wedge P_{n-1}(b))\rightarrow P_n(b)$$

(传统逻辑中从个体到个体的类比推理)

$$(2.2)(\forall x)(P(x)\rightarrow S_1(x)\wedge S_2(x)\wedge\cdots\cdots\wedge S_n(x))\wedge(\forall x)(Q(x)\rightarrow S_1(x)\wedge S_2(x)\wedge\cdots\cdots\wedge S_{n-1}(x))\rightarrow(\forall x)(Q(x)\rightarrow S_n(x))$$

(传统逻辑中从类到类的类比推理)

$$(3)(p\rightarrow q)\wedge q\rightarrow p$$

（溯因推理或合情推理中的基本归纳推理）

(4) $(p\to q)\wedge\sim p\to\sim q$

（合情推理之一）

(5) $(p\to\sim q)\wedge\sim q\to p$

（合情推理之一）

(6) $(p\to q)\wedge(p\to r)\wedge r\to q$

（合情推理中的类比推理）

其中，(1.1)、(1.2)、(2.1)和(2.2)式是一阶逻辑的两可蕴涵式；(3)、(4)、(5)和(6)式是命题逻辑的两可蕴涵式。

如前所述，或然推理能且仅能表为两可蕴涵式，但这并不意味着凡可表为两可蕴涵式的推理都是合乎人们直觉的或然推理。所以，有必要对上述这些或然推理的形式加以分析，找出其共同特点，从而为合乎直觉的或然推理的形式设定一个范围。

将(1.1)、(1.2)、(3)、(4)、(5)式蕴涵词右侧的子公式与左侧合取式的一个子公式易位，即可得一永真蕴涵式：

(1.1′) $(\forall x)(Q(x)\to P(x))\wedge(Q(a_1)\wedge Q(a_2)\wedge\cdots\cdots\wedge Q(a_n))\to(P(a_1)\wedge P(a_2)\wedge\cdots\cdots\wedge P(a_n))$

(1.2′) $(\forall x)(R(x)\to Q(x))\wedge((\forall x)(P_1(x)\to R(x))\wedge(\forall x)(P_2(x)\to R(x))\wedge\cdots\cdots\wedge(\forall x)(P_n(x)\to R(x)))\to((\forall x)(P_1(x)\to Q(x))\wedge(\forall x)(P_2(x)\to Q(x))\wedge\cdots\cdots\wedge(\forall x)(P_n(x)\to Q(x)))$

(3′) $(p\to q)\wedge p\to q$

(4′) $(p\to q)\wedge\sim q\to\sim p$

(5′) $(p\to\sim q)\wedge p\to\sim q$

可以把具有上述性质的两可蕴涵式称作易位永真的两可蕴涵式，简称易位蕴涵式。

将(2.1)、(2.2)和(6)式蕴涵词左侧合取式的一个子公式C移位到右侧并与右侧子公式D合取得一状如A→B的新蕴涵式，

将B作代换(x/y),其中,y为C和D中共同出现的命题变项、关系符号或个体常项,x为A中与y同类的符号,即可得到A或与之逻辑等值的A′。具体说来就是:

将(2.1)式中的($P_1(b) \wedge P_2(b) \wedge \cdots\cdots \wedge P_{n-1}(b)$)移位与$P_n(b)$合取得

$P_1(a) \wedge P_2(a) \wedge \cdots\cdots \wedge P_n(a) \to P_1(b) \wedge P_2(b) \wedge \cdots\cdots \wedge P_n(b)$

将上式蕴涵词右侧的$P_1(b) \wedge \cdots\cdots \wedge P_n(b)$作代换(a/b),即得$P_1(a) \wedge \cdots\cdots \wedge P_n(a)$。

将(2.2)式中的$(\forall x)(Q(x) \to S_1(x) \wedge S_2(x) \wedge \cdots\cdots \wedge S_{n-1}(x))$移位与$(\forall x)(Q(x) \to S_n(x))$合取,得

$(\forall x)(P(x) \to S_1(x) \wedge S_2(x) \wedge \cdots\cdots \wedge S_n(x)) \to (\forall x)(Q(x) \to S_1(x) \wedge S_2(x) \wedge \cdots\cdots \wedge S_{n-1}(x)) \wedge (\forall x)(Q(x) \to S_n(x))$,

将上式蕴涵词右侧子公式作代换(P/Q),即得

$(\forall x)(P(x) \to S_1(x) \wedge S_2(x) \wedge \cdots\cdots \wedge S_{n-1}(x)) \wedge (\forall x)(P(x) \to S_n(x))$

显然,此式与$(\forall x)(P(x) \to S_1(x) \wedge S_2(x) \wedge \cdots\cdots \wedge S_n(x))$等值。

将(6)式中($p \to q$)移位与q合取得

$(p \to r) \wedge r \to (p \to q) \wedge q$,

将$(p \to q) \wedge q$作代换(r/q)即得

$(p \to r) \wedge r$。

可以把具有上述性质的两可蕴涵式称作移位对称的两可蕴涵式,简称移位蕴涵式。

由以上讨论有理由作出如下猜测,即符合人类直觉的或然推理都能表为易位或移位蕴涵式。更进一步,似乎也有理由假定,与易位或移位蕴涵式对应的推理会符合人类的直觉。尽管其中有些推理未必是工作记忆有限的人脑能够真正实现的,然而这决不意味着机器不能加以模拟。

或然推理是客观实在的对称性和简单性在人脑中的反映。与移位对称两可蕴涵式相应的类比型或然推理表明,人总是倾向期待相似的事物具有更多的相似性。与易位永真两可蕴涵式对应的溯因型或然推理表明,人总是倾向期待为已知事实的存在提供尽可能简单的具有必然性的解释,其实质仍在于期待相似的结果具有相似的原因。在上述意义上,也许可以把与或然推理相对应的易位蕴涵式与移位蕴涵式统称作相似蕴涵式。附带说一句,维特根斯坦曾不无理由地把归纳说成是"假定有法子拿出一种最简单的规律,和我们的经验相协调的步骤"[6]。

由相似蕴涵式做成的集合是无穷集,所以上述结果可以使我们超越原有的为数有限的或然推理形式,提出更多新的形式来。例如:

$(p\to q)\wedge(p\to r)\wedge(q\wedge r)\to p$,

在特定的解释下,它可以化为如下推理:

如果米特勒炸了游艇则他弄到了炸药
如果米特勒炸了游艇则他接近过游艇
他的确弄到了炸药并接近过游艇

米特勒炸了游艇

再如

$(p\to q)\wedge(q\to r)\wedge r\to p$,在特定的解释下,它可以化为如下推理:

如果米特勒炸了游艇则他弄到了炸药
如果米特勒弄到了炸药则他的衣物上有炸药味
他的衣物上的确有炸药味

米特勒炸了游艇

如此等等,兹不一一列举。

应当特别加以说明的是，找出演绎推理的全部形式并不等于揭示了人脑进行演绎推理的规律。同样，即便找出了或然推理的全部形式也不等于揭示了人脑进行或然推理的规律。在这里，我们仅想指出，人在问题解决中实际使用的或然推理形式往往是由与问题情境相似的知识或经验决定的。比如，由汽车没有油就开不动和它的确开不动，人们未必会推断出汽车一定没有油了。相反，由有人按门铃则门铃响和门铃响了，人们几乎都会毫不犹豫地认为有人按了门铃。这是由于经验告诉人们，门铃响总意味着有人按门，而车开不动的原因则不只一种。这个例子足以表明，与问题情境相似的知识或经验制约着或然推理形式的选择，这大概是张光鉴同志之所以提出“相似块”概念的原因之一。

4.余　论

以上有关或然推理形式的讨论还使我们想到：在普通逻辑的名义下继续生存的传统逻辑自有其生命力，这一方面表现在，它更偏重研究受人脑思维机制限制的演绎推理形式，另一方面则表现在，它不舍弃归纳和类比。而后两者，正如本文试图说明的，大有进一步扩充而与演绎逻辑并驾齐驱的潜力。当然，数理逻辑也不愧为现代的演绎逻辑，这主要表现在它不拘泥于研究人脑的演绎推理形式，而把目光扩大到一切可能的(包括机器可以实现的)演绎推理形式，并以数学方法建立起一个严谨、系统的理论。可以期待，数理逻辑也将不断拓广自己的领域，以和演绎逻辑同样的科学性，发展和完善现代的或然逻辑。

在钱学森同志勾勒其轮廓的思维科学学科群中[8]，可能会发生学科的相互渗透和重组。那时，或然推理也许会在形象(直感)思维学中找到自己最后的归宿。

(张铁声)

参考文献

[1]泽田允茂,《哲学和逻辑学》,《现代逻辑学问题》,中国人民大学出版社,1983年版。

[2]罗素,《人类的知识——其范围和限度》,p.5,pp.192—220,p.517,商务印书馆,1983年版。

[3]周寄中,《从四次讨论会看西方科学哲学的动向》,《现代外国哲学》,人民出版社,1984年版。

[4]D.A.泰勒,《怎样象科学家那样思维》,Science Digest,Vol.90,No8,Aug.1982。

[5]G.波利亚,《数学与猜想》,科学出版社,1984年版。

[6]巴斯摩尔,《近代西方逻辑学发展纲要》,p.114,上海人民出版社,1960年版。

[7]张光鉴,《相似论》,《思维科学》,1985年第1期。

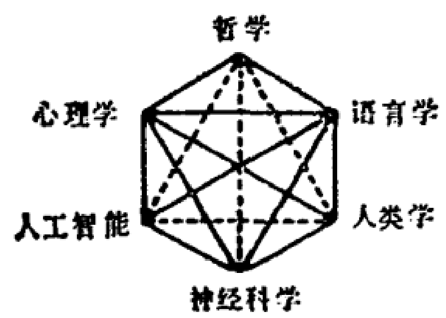
[8]钱学森主编,《关于思维科学》,上海人民出版社,1986年版。

9 从认知科学到认知学

认知科学运动发源于美国，最早使用“认知科学”一词的是 L.希金斯(1973)。从那时起，不少学者都试图为之下一个定义。美国认知科学创始人之一、诺贝尔奖获得者 H.A.西蒙认为，认知科学就是探索智能系统和智能性质的科学。他所谓的智能系统并不限于人，也包括表现出智能行为的机器。他指出：“直到最近，人们都把智能同脑和‘心灵’联系在一起。但是，研究人工智能的程序以及人类思维的计算机模拟，教会了我们建造不是人的智能系统以及从人脑和电子装置的硬件中抽取智能行为的必需品和标志的方法。”[1]美国著名认知心理学家 D.A.诺尔曼认为，认知科学是心灵的科学、智能的科学，并且是关于知识及其应用的科学。他说，认知科学是对认知的探索，无论它是真实的或抽象的，是人的或是机器的，其目的在于了解智能、知识和行为的原理，以便更好地了解人的“心灵”，了解科学和学习，了解心灵的能力，并为发展智能系统和扩大人的能力而努力[2]。《心灵的新科学——认知革命史》一书的作者 H.加德纳给认知科学下的定义是：对长期以来存在的认识论问题，特别是与知识的性质、成份、源泉、形成与应用有关的问题作出回答的、现代的、基于实验的工作。他说：“尽管认知科学这个术语有时被扩展到包括知识的所有形态——生命的和无生命的，人的和非人的——我却把这个术语主要用在对人类的知识作出解释的工作上。”[3]美国认知科学现状委员会在 1978 年的研究报告中则提出，认知科学是关于“智能实体与其环境相互作

用的原理"的学问,其各个学科的共同研究目标在于"发现心灵的表示和运算能力及其在人脑内部的结构与功能上的表现"[4]。

尽管科学家对认知科学的定义尚未达成公认意见,但就认知科学的学科组成而言,看法还是比较一致的[5]。美国认知科学现状委员会的研究报告集中了12位著名学者和20位学术顾问的意见,提出认知科学是由哲学、心理学、语言学、人工智能、神经科学、人类学及其交叉学科组成的学科群。这份报告用"认知六边形"较为形象地表明了上述看法(见下图)[4]。美国《认知科学》杂志的副题则是:人工智能、语言学、神经科学、哲学、心理学的多学科期刊。也有人提到认知科学还应包括教育学、社会学的成份。



图中实线表示较强的跨学科联系,虚线表示较弱的跨学科联系。

图.认知六边形

近年来,认知科学发展极为迅速。11年前还只有不多几个研究中心。现在,为数众多的研究中心已在全世界广泛分布。美国、欧洲许多国家和日本都成立了认知科学学会。一些大学还专门设立了认知科学系,如麻省理工学院的脑科学和认知科学系,布朗大学的认知科学和语言学系,加利福尼亚大学圣迭戈分校的认知科学系等。萨西克斯甚至还成立了认知科学学院。以认知科学名义出版的专著日益增多,认知科学的大学教科书也已问世。各种形式的认知科学学术会议和学术活动恰如雨后春笋,方兴未艾。

然而,有的科学家却清醒地看出,在认知科学内部并非一切都好。D.A.诺尔曼教授就是其中的一位[6],他指出,麻烦的迹象之一就是该领域的科学家们越来越多地使用复数的"认知科学"

(cognitive sciences)，而不是单数的“认知科学”(cognitive science)。“复数意味着一个由研究认知的各种独立方面的学科组成的学科群，而不是一个单一的、统一的学科”。他认为，以认知科学的名义从事的研究课题与传统学科的课题相差无几。“认知科学自称是一种多学科的研究，但实际上却并非如此，大多数活跃的研究是出自心理学，有一些则出自人工智能和哲学”。显然，这样一来，提出认知科学并没有实质上的意义，因为这只不过是给一些相关学科的组合命名而已。诺尔曼的结论是，“作为一门独立的学科，认知科学与其说是事实，还不如说是虚构。与其说是一种具有新思想和新方向的有凝聚力的新探索，还不如说是一个由一般性学科组成的学科群”。诺尔曼的反思表明，至少在一部分认知科学拓荒者的心目中，认知科学应当由学科群逐步发展成为一个单一和统一的学科。提出认知科学的实质性意义也正在于此。然而，认知科学的现状却不能不令人深感失望和困惑。

那么，怎样才能使认知科学摆脱这种困境，从而建立起一个单一和统一的学科呢？

一些认知科学家提出了解决这个问题的办法。加德纳认为，认知心理学和人工智能可能部分合并[7]，而诺尔曼则认为，借助于综合性应用研究有助于使相关学科一体化[8]。

加德纳说，正如一些科学家所指出的那样，实验认知心理学和人工智能之间的联系越来越紧密。心理学家从人工智能研究者所作的精心模拟中获益非浅，并开始对自己的典型非形式模型进行严格检验；人工智能学家则可以确认，他们所假设的人类行为模型是否真地可以通过计算机模拟予以实现。他由此猜测，“心理学和计算机科学的一部分有可能会融合成一门单独的学科”，或者“成为新创立的认知科学的核心”。

诺尔曼则认为，使认知科学成为单一学科的重要途径之一是加强综合性应用研究，开拓一门应用认知科学或认知工程学。他

指出，真实的情境不允许我们挑选出一个极小的研究领域，恰恰相反，科学家必须面临行为的所有方面。“真实世界中的真实认知是与实验室实验中那种纯粹、抽象的认知非常不同的严格老师。逗留于自己实验室中的人可能认为有自己的单一学科就足够了，而那些从事应用研究的人却是真正的多学科科学家。”因此，在他看来，开拓一门应用学科，一门和认知科学携手前进的认知工程学将会促成认知科学本身的一体化。

认知科学诸学科和学科分支，特别是认知心理学和人工智能的确联系紧密。这两个学科都涉及到智能系统的认知过程，并且都建立在认知科学核心假设——物理符号系统假设的基础上[9]。

物理符号系统假设是纽艾尔和西蒙提出的。物理符号系统由被称作符号的实体组成，它们都是物理模式，可以构成另一类被称为表达式(或符号结构)的实体。因此，符号结构就是由若干以某种物理方式关联起来的符号实例(或者说标记)组成的。在任何时刻，系统都含有一组这样的符号结构。此外，系统还含有一组作用于表达式以生成其它表达式的过程：建立过程、修改过程、复制过程和消除过程。物理符号系统就是逐渐生成一组符号的机器。该系统存在于比这些符号表达式本身更为广阔的客体世界中。物理符号系统具有以下六种功能：

1. 输入符号(input)；
2. 输出符号(output)；
3. 存储符号(store)；
4. 复制符号(copy)；
5. 建立符号结构(build symbol structure)；
6. 条件性迁移(conditional transfer)。

所谓物理符号系统假设就是：物理符号系统具有实现一般智能行为的充分和必要的手段。

这个假设有三个重要推论：

1. 既然人有智能，人就一定是一个物理符号系统。

2. 然计算机是一个物理符号系统，它就一定能够表现出智能。

3. 既然人和计算机都是物理符号系统，就可以用计算机去模拟人的行为。

容易看出，推论 1 乃是认知心理学的基本出发点，推论 3 为之提供了新的方法；推论 2 则是人工智能的基本前提。

此外，这两个学科的紧密联系还反映在引人瞩目的相互借鉴和相互渗透上。认知心理学从人工智能那里借用了某些概念和工具，用以构筑更复杂和更精确的关于人类的认知理论，同时还以计算机模拟作为检验认知理论的方法之一。人工智能则从认知心理学的理论中吸收营养，扩充和完善自身的内容。

尽管如此，在认知心理学和人工智能之间仍存在着深刻的差异。首先，认知心理学属于基础科学，而人工智能则属于工程技术，它们在科学技术体系中位于不同的层次。其次，与此密切相关的是，这两个学科的对象不同。认知心理学的对象是人的认知过程，而人工智能的对象则是赋予计算机以智能的方法和技术。第三，这两个学科的内容既有联系又有区别。它们虽然都涉及到物理符号系统，但类型不同。人和计算机的"硬件"是有实质性差异的，这种差异必然反映在学科内容上。即便是借用了来自人工智能领域的概念和工具，关于人的认知理论也总是或显或隐地反映着人的神经系统而不是计算机的特征。例如，认知心理学的经典理论——人的短时记忆容量为 7 ± 2 个组块就是如此。而就人工智能技术而言，就不必作出此种限制。同样，人工智能的兴趣限于可以在计算机上实现的各种知识表示方法、搜索方法、推理机制、程序设计语言和系统构成技术。其中大部分内容与人类认知理论无关，只有部分内容借鉴于认知心理学，但也属于工程技术从基础科学那里寻求理论指导的常规现象，不至造成学科界限模糊不清。

事实上，人工智能的理论来源还有数理逻辑等许多其它学科，所有这些学科都没有因此而与人工智能合并成为一个学科。此外，认知心理学通过计算机模拟来检验认知理论也只不过是基础科学运用工程技术进行科学实验的常规现象，并不会导致学科内容发生混淆。总而言之，尽管认知心理学和人工智能联系十分紧密，但两者在层次、对象和内容上都存在着差异，其学科界线是清晰的。因此，它们的独立存在是有根据的，似乎没有理由将其合并，更谈不上以这种"合并"的产物为核心将相关学科连成一个统一的整体了。

附带说一句，有的学者(如西蒙)同时涉足认知心理学和人工智能，许多课题也需要这两个学科的科学家密切合作，所有这些现象很容易造成两者"合流"的印象，但这种印象毕竟只是错觉而已。

J.R.赛尔在《心灵，大脑与程序》一文中曾区分了强人工智能和弱人工智能[10]。弱人工智能认为，计算机在心灵研究中的主要价值是它给了我们一个非常有力的工具，能使人们以一种比以前更严格和更精确的方式描述和检验假说。而强人工智能则主张，适当编程的计算机本身就是心灵，那些程序不仅是检验心理学解释的工具，而且其本身就是解释。赛尔本人反对强人工智能而支持弱人工智能，以上分析表明，他的见解是正确的。

综合性应用研究似乎也难以使认知科学诸学科和学科分支汇合成一个单一的学科。的确，在实际应用领域，要同时运用许多学科的知识，但这通常并不意味着这些学科的合流。例如，在水力发电站设计中要用到地质学、水文学、泥沙学、工业建筑学、电工学等各个学科的知识，但这些学科并没有也绝不会因此而合并。

那么，作为单一学科的认知科学可能存在吗？如果回答是肯定的，这个学科的对象又应当是什么呢？

学科间的紧密联系和相互渗透常常并不意味着它们将统一为一门学科，而是可能预示着边缘性学科或者更一般、更抽象的学科

的诞生。在认知科学运动中,第一种学科发生方式已经多次出现,心理语言学、认知神经学和神经哲学等新兴学科都是这样产生的。我们猜测,第二种学科发生方式也会在认知科学运动中出现,其产物也许就是作为单一学科的认知科学。它既不是研究人的认知过程的认知心理学,也不是旨在使特殊的物理装置进行智能工作的人工智能,更不是两者或更多学科的合流或一体化。它应当研究的是一般的,特别是理想的智能系统的基本原理,这些系统及其原理独立于任何物理实现方式。人和计算机都只不过是一般智能系统的特例,它们由于其"硬件"的制约都不可避免地带有某种特殊性和局限性。

逻辑学的革命性进展源于弗雷格和胡塞尔摧毁了逻辑与人类思维的联系。自亚里士多德以来,人们一直认为逻辑是对于人类推理的研究,只是在将其归诸对于命题形式及其永真性的研究而不是对于人类思维的研究之后,逻辑学才从心理学的束缚中解放出来,成为具有现代形态的独立学科。

T.G.贝弗、J.M.卡罗尔和L.A.米勒声称,在语言学中也看到了类似的潜在趋势。因为"认知科学也许会因为要求解释所有观察到的语法而妨碍它对语言真实性质的发现,妨碍它探索人类无法学习的语法。"他们的结论是,"把自己囿于人类思维也许会使我们捉摸不住思维的本质,因而更加难以真正地理解思维"[11]。

我们赞成这一看法,并想进一步指出,把自己囿于任何特殊的物理符号系统(包括人和计算机)都可能使我们捉摸不住智能的本质,从而更加难以真正地理解智能。

由于上述意义上的作为单一学科的认知科学的诞生标志正是从研究现实的特殊物理符号系统走向研究一般的和理想的智能系统,因此,可以预期,它将有助于使人们真正把握智能的本质。进一步,它还将为了解人类智能和机器智能提供更高层次上的新视角,从而深化原有的认识。当然,这种作为单一学科的认知科学并

不是空中楼阁,它将从作为学科群的认知科学的已有学科中吸收一切有益的营养。其它学科,诸如信息论、控制论、系统论等也将为它的产生和发展做出贡献。

为避免混淆和简便计,我们不妨仍用“认知科学”(不论是单数的 cognitive science,还是复数的 cognitive sciences)指称以认知为对象的学科群,而用“认知学”(cognitology)指称上述那种作为单一学科的认知科学。

中国著名科学家钱学森自 1980 年以来一直在倡导思维科学(noetic science)[12]。思维科学与认知科学有类似之处,也是一个着眼于认知的学科群。与认知科学的倡导者不同,钱学森的主要学术背景是控制论和系统论,同时又对科学学怀有浓厚兴趣,这就使得思维科学与认知科学有所不同:思维科学不仅是一个学科群,而且还是一个与自然科学和社会科学平行的科学技术大部门。它具有以下 3 个有别于认知科学的特点:

1. 思维科学内部划分为三个层次——基础科学、技术科学和工程技术;

2. 就其所包容的学科和学科分支而言,思维科学要比认知科学更为广泛和全面;

3. 思维科学预言了有待建立的新学科——作为基础科学的思维学。

第 3 个特点非常重要。因为正如钱学森所言,重新划分既有学科只属于科学技术体系学的“现象学”研究。而“找出有重要任务而现在无人搞的学问”则跨入了“动力学”的疆域,标志着一个新的研究领域的诞生[13]。

也许,关于认知科学的构想也到了由“现象学”跨入“动力学”的时候了,“认知学”的提出就是为此付出的一种努力。

依照钱学森的设想,思维学有四个分支——抽象(逻辑)思维学、形象(直感)思维学、灵感(顿悟)思维学和社会思维学。那么,

认知学可能包含哪些具体内容呢？

我们曾指出，认知学的主要对象是一般智能系统的原理。我们只想进一步补充说，同构原理可能就是这种原理之一。从哲学（包括逻辑学、方法论和科学哲学以及语言哲学）、认知心理学、人工智能和现代语言学等学科的已有成果中可以抽象出这样一种认识，那就是，任何智能系统，特别是理想智能系统内部的各种类型和形式的知识都与其所表示的对象有一种同构关系，知识使用就是对于这种同构关系的使用，知识获取则是对于这种同构关系的扩展。因此，同构原理也许是一般智能系统的基本原理之一，将会在认知学中占有重要地位。

同构乃是相似性的一种特殊情况，不少学者都强调过相似性在认识过程中的作用。例如，莱布尼茨就曾说过，"只要您想到了相似性，您就想到了某种不止于此的东西，而普遍性无非就在于此"[14]。普朗克则认为，从表面看来，自然界的现象千差万别，但是在不相干的领域常常体现着类似的原理，如果没有这种情况，以比喻和类推为主要手段的人类去探索自然奥秘不知要困难多少倍[15]。巴拿赫甚至认为，一个人是数学家，那是因为他善于发现判断之间的相似性；如果他能判明论证之间的相似，他就是个优秀的数学家；要是他竟识破理论之间的相似，他就成了杰出的数学家；甚至还应当有这样的数学家，他们能识破相似之间的相似[16]！

特别值得注意的是，英国大哲学家罗素在其里程碑式的著作——《人类的知识——其范围和限度》中频繁地使用着"相似"一词。他的结论是，"我们需要'相似'这个词，这一点就标志着这个世界的某种事实，这不仅仅是语言方面的事。"但他又补充说，"至于这是一种什么事实，我不知道。"他的崇拜者和研究者艾伦·伍德曾称此著作为未完成的哲学，并期待后世有人会继承罗素的事业，"创造出一种崭新的伟大哲学"[17]。他的指望也许会落空，但是，罗素的某些天才思想却可能会在一门正在孕育着的新科学那里找

到归宿。

张光鉴在《相似论》一文中曾研究了自然、社会和思维诸领域广泛存在着的相似性及其规律，钱学森称许该文有助于使形象思维研究从思辨走向科学。

可以预期，相似性将成为认知学的基本概念之一，认知与相似性的关系将渗透到该学科的许多课题中。

T.G.贝弗，J.M.卡罗尔和L.A.米勒在其编著的《论心灵——认知科学中的语言研究》一书的导言中曾问道："存在一个认知科学吗?"他们的结论是，"认知科学仅仅因为有一个共同的描述对象——人的知识和行为——而保持一体，自身并不必然就是一个统一的科学。"他们的见解不无道理。

但是，认知科学不应止于这种见识。因为正如本文所力图表明的那样，的确可能存在着一门作为单一学科的认知科学——认知学。如果事实的确如此，这个新学科的诞生无疑将会成为认知革命史上激动人心的重大事件。

（附言：本文的基本思想曾与张光鉴研究员进行过讨论，特此致谢。）

（张铁声）

参 考 文 献

[1][2][5]李家治，《认知科学》，《全国高教系统第五次人工智能学术讨论会会议文集(一)》。

[3]H.加德纳，《认知科学：最初的几十年》，《思维科学》1988年第2期。

[4]艾卡特·席勒尔，《为认知科学撰写历史》，《国际社会科学杂志》第6卷第1期。

[6][8]D.A.诺尔曼，《四个认知科学新课题》，论文预印本。

[7]H.加德纳，《人工智能：专家工具》，《心灵的新科学》。

[9]荆其诚，《现代心理学发展趋势》，第144—146页。

[10]J.R.赛尔，《心灵，大脑与程序》，复印报刊资料《心理学》1989年第7期。

[11][18]T.G.贝弗,J.M.卡罗尔和L.A.米勒,《行为研究的几个基本问题》,《思维科学》1988 年第 4 期。
[12]钱学森,《关于思维科学》。
[13]钱学森,《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》,《论系统工程》。
[14] 莱布尼茨,《人类理智新论》,第 58 页。
[15] 普朗克,《物理学人门》,转引自《情报学报》第 1 卷第 1 期《创造工程与情报工作》。
[16]周昌忠,《创造心理学》,第 88 页。
[17]艾伦·伍德,《罗素——热烈的怀疑者》,第 348－349 页。

10 必然性形象思维与同构

1. 必然性形象思维

必然性形象思维可以划分为认识型形象思维和艺术型形象思维，这两类形象思维的主要区别在于最终目标不同：前者求真，后者求美。所谓必然性形象思维，是指满足某种条件从而使得结论带有必然性的认识型形象思维。在某种意义上，这种思维恰与抽象思维中的演绎推理相对应。

形象思维能够具有必然性吗？回答是肯定的。被人们称为"理性主义者"的笛卡尔对此进行过比较系统的论述。

笛卡尔在《探求真理的指导原则》中曾经指出，直观和演绎这两条道路是获得真知的最确实可靠的途径。"我用直观一词，指的不是感觉的易变表象，也不是进行虚假组合的想象所产生的错误判断，而是纯净而专注的心灵的构想，这种构想容易而且独特，使我们不致对我们所领悟的事物产生任何怀疑"[1]。

笛卡尔所谓的"直观"与视觉关系密切，有观察、看的意思，但在这里并不是指视觉功能，而是指某种想象功能。笛卡尔在原则十四中就曾明确提出，应该把问题"转至物体的真正广延[上去考虑]，并把它通盘提供给想象借助于单纯的形象[去观察]，因为，这样一来，悟性才可以更加清楚得多地知觉它。"他还举例说，人人都能用心灵来直观的命题有："三角形仅以三直线为界"、"圆周仅在一个平面之上"等等。这些例子表明，笛卡尔所谓的直观实即一种

特定类型的想象。在他看来，这种想象同演绎一样可靠。两者的区别在于：直观之所以那样明显而确定，“不是因为它单单陈述，而是因为它能够全面通观。”

由以上讨论不难得出这样一个结论，那就是，笛卡尔天才地猜测到了必然性形象思维的存在。

众所周知，钱学森是形象（直感）思维学的倡导者。值得深思的是，他再三强调，应当把形象思维学同心理学中有关想象的研究严格区别开来。这似乎表明，他心目中的形象思维的规律并不是形象思维的心理规律，而是其规范规律。这正如逻辑学丝毫不涉及逻辑思维的心理规律，而只是研究保证推理可靠性的形式上的规范一样。

这提示我们，作为规范的必然性形象思维的规律乃是形象思维学而不是认知心理学的对象。

尽管在认知科学中，还没有出现“形象思维学”、“必然性形象思维”这类提法，但是有关形象思维的研究已经引起高度重视，并成为研究前沿之一。由于这类研究主要是在认知心理学领域展开的，所以着眼点只能是形象思维的心理规律，而不是其规范规律。

形象思维研究方面影响较大的认知科学家是西蒙、柯斯林、约翰逊－莱尔德等人。

认知科学创始人西蒙及其同事拉金曾指出，就思维过程而言，人脑处理信息的方式主要有两种：一是“形象化的”，它引起某些意象；一是“判断的”，它是线性的和连续的。这两种方式能表示同样的信息，但对各类特殊问题的解决方式而言，其中某一方式可能比另一方式更加有效。例如，在几何学中，形象的东西就更容易被掌握[2]。

2. 模型与模拟

出身于自然科学的哲学家维特根斯坦曾把“图象”、“投影”这

些本属自然科学领域的概念引入到关于语言和逻辑的哲学思考中去，从而使这些思考变得更加明晰和深刻。为了深入研究形象思维，特别是必然性形象思维，似乎同样有必要引入“模型”、“模拟”和“同构”这类概念。

列尔涅尔指出，在控制论中，任何一个对象只要它与另一对象有一点点相似性，就是另一对象的模型，另一对象则是这个对象的原型。何谓同构呢？控制论中的同构概念主要着眼于功能相似：“具有同样的输入值和输出值，并且对外部激励有同样反应的系统，称为同构的系统”。

广义的同构概念并不局限于此：就任何两个结构而言，只要在其对象和同元关系之间存在着一一对应，并且，一个事态在一个结构中存在，当且仅当对应的事态在另一个结构中也存在，这两个结构就是同构的。

“同构”概念是相对的。就两个对象的某种结构而言，它们可能同构，对同样两个对象的另一对结构而言，它们可能并不同构。就任何具体的目的来说，我们所涉及的结构是确定的，同构也总是就这种结构而言的。

如果在模型及其原型之间存在着同构关系，我们就把这个模型称之为原型的同构模型。

模型与原型之间的关系是模拟，同构模型与原型的关系是同构模拟。

在科学技术实践中，广泛地使用着各种模型去模拟所要研究的对象。其中，最为有用的是同构模型。这是因为，模拟的目的在于把有关模型的认识转移到被模拟的对象上去，而同构恰恰可以为这种转移的可靠性提供保证。

在科学方法论中，一般把模拟分为实体模拟、物理模拟、(实体)数学模拟、电子数字计算机模拟、符号模拟等等。

法国当代哲学家德里达曾指出，模拟物与原型处于似与不似

之间。不似看上去是缺陷，而模拟恰恰正依赖于这种缺陷——“它之所以好，就是由于它坏”，可谓一语道破了模型与模拟之所以有用的奥妙所在。

值得注意的是，他还进而指出，人的思维内部就有“可模拟性”，或者说，人的思维是由“可模拟性”造成的。心理活动的每一层次都有机械的模拟活动，思维本身就包含着种种模拟活动[3]。

如此说来，把“模型”、”“模拟”和“同构”概念引入到形象思维研究中去就是十分自然的了。

3.必然性形象思维的规律——同构律

在上一节我们看到，模拟，尤其是同构模拟对于科学认识活动是至关重要的。不过，那里所谓的模拟都是指借助外部模型进行的模拟。维特根斯坦曾把“图象相当于命题”颠倒过来，得出了“命题便是图象”的结论。类似地，我们则可以把“模拟有助于认知”颠倒过来，从中得出这样一种认识：认知本身就包含着模拟。不过，这里所说的模拟就不再是外部的了，而是智能系统利用内部模型进行的模拟。

贝塔兰菲在论及数学系统论的发展时曾经指出：“使用模型或模拟结构是科学的一般做法(甚至是日常认识的一般做法)，也是计算机模拟的原理”[4]。应当补充的是，“使用模型或模拟结构”还是认识本身的“一般做法”。

事实上，所谓认识型形象思维都可以看作是智能系统调用或建构模拟现实对象或可能对象的内部形象模型，并把关于模型的判断转移到对象上去的过程。所谓必然性形象思维则满足以下条件：它所依赖的内部形象模型与对象同构。显然，这种同构关系足以保证，只要内部判断为真，相应的外部判断即为真。这个规律可以称为必然性形象思维的同构律。

必然性以前只和演绎逻辑联系在一起，而以上论述则表明，必

然性不但存在于抽象思维的演绎推理中,而且还存在于形象思维中。保证这种必然性得以出现的条件正是同构,更明确地说,是内部形象模型与其对象之间的同构关系。当然这并不是说,这种必然性是不受限制的。而是说,只有在保持这种同构关系,并且在不超越这种同构关系所赖以建立的结构对应的条件下才存在这种必然性。这恰如在抽象思维中,只有某些推理才具有必然性一样。

黑格尔反对把对立的范畴,包括"内"和"外"的对立绝对化,而是强调它们的统一性。看来,"内就是外"这类命题并不因其思辨性而流于空洞。相反,正如我们指出的,内部同构模型与外部同构模型的认识功能在上述意义上的确是一致的。

以下,我们将考察必然性形象思维的三种基本类型。虽然论述的过程将会涉及一些心理学中的实例,但这绝不意味着,同构律是由归纳而来的经验规律,并因而可被证伪。恰恰相反,这个规律是与心理规律相区别的规范规律,任何事实也不会证伪或证实它,而只能作为实例对它加以说明。

4.必然性形象思维的基本类型

必然性形象思维的基本类型有三种,它们是:同构观察模拟、同构操作模拟和同构实验模拟。必须加以说明的是,它们之间的关系并不是平列的,而是嵌套的:其中每一种都为排在其后的类型所包容。

(一)同构观察模拟

如前所述,智能系统内部的意象模型之所以有用,就在于它是对象的静态结构或动态结构的模拟物。调用一个已有的内部形象模型,通过辨识得出关于这个模型的判断,并把它转移到对象上去是一种最为简单的形象思维形式。显然,只有当这个模型与其对象同构,或者说当这个模型与其对象存在着同构模拟关系时,这种转移才是可靠的。不妨把这种类型的必然性形象思维称为同构观

察模拟。

认知心理学中有关空间认知和心理比较的许多思维实例实际上都属于这一类型。我们从那些实验中可以看到,满足同构律条件的认知导致的是正确的结论,而不满足同构律条件的认知未必会导致正确结论。

事实上,这种类型的形象思维并不限于实验室中研究的几种简单情况,而是广泛地活跃于使用说明图或实物模型的几乎所有领域。

阿恩海姆曾经指出,关于人的心理意象的研究有其特殊的困难。出于这个原因,他提出,可以把任何与意象有关的草图都视为从事此种研究的宝贵资料[5]。萨特也有与此类似的主张。

阿恩海姆注意到,教师和讲演者为了描述事物常常要在黑板上勾画一些说明图,它们涉及到各种不同的领域,包括物理的或社会的、心理的或纯逻辑的。他就此问道:“既然这些草图常常是非模仿性的,而且与外界自然事物或事件并不相似,那么它们究竟再现了什么呢? 它们与自己代表的东西之间有什么关系? 它们所涉及的再现手段是什么? 又是如何帮助思维的? 使这些草图更好地达到上述目的的决定性因素又是什么?”

正确的回答也许应该是,草图之类的说明图即使是所谓“非模仿性的”,并且在许多方面与外界事物或事件并不相似,它们仍然应该在就认知目的而言更重要的方面与其对象存在着结构上的相似性。它们应该再现其对象的结构,它们应当采用的再现手段是同构模拟。由这些说明图产生的意象是以如下方式帮助思维的:它们将为认知过程提供特定对象的“忠实”替代物,并使得由这种替代物得出的关于它本身的真判断可以可靠地转移到它的对象上去。使说明图更好地达到上述目的的决定因素正是同构。这也就是说,一个与其对象不同构的说明图和相应的意象可能会导致错误的认知。

附带说一下，辨识这种认知操作也与同构密切相关。所谓辨识常常是通过把内部模型中的特定部分的性质或关系同已有的标准意象的结构加以比较进行的，目的在于找出一个与之同构的意象。辨认过程有时可能需要对有待辨识的部分施加同构变形，使之最终与某个标准意象达到同构匹配。

(二)同构操作模拟

如果说同构观察模拟所模拟的是对于实际对象的观察，那么，同构操作模拟所模拟的就是对于实际对象的操作和观察。

操作模拟的特点是，通过对事物的意象施加内部操作去模拟事物在外部操作下的变化过程，并把从内部过程抽取的判断转移到外部过程。在这种情况下，也可以把这种内部过程看作是相应的外部过程的意象。

过程同构实际上在前面已有所涉及，不过在这里它显得尤为重要。因此，有必要进一步加以澄清。

过程一般可以依照时序分解为一系列状态。如果相同序号的状态存在且同构(就特定的关系－个体对应规则而言)，在两组导致状态改变的不同致变因素之间又可以建立起这样的一一对应关系，使得每一过程相邻状态的致变因素恰好对应，就称这两个过程同构。

就我们目前讨论的问题而言，致变因素就是操作(包括内部的心理操作和外部的实际操作)。

显然，如果操作模拟满足内部过程与外部过程同构，则由内部过程得到的真判断便可以可靠地转移到外部过程。

认知心理学和人工智能的一个共同研究领域之一是问题解决。在这个领域，对于问题的同构、或者说问题的状态空间的同构进行了比较深入的研究。

问题解决领域所研究的问题有两个特点，一是为解决该问题所需要的知识已经在题目中给出，再就是都涉及到外部的操作和

状态的改变。在解决这类问题时，可以构造出初始状态的内部形象模型，通过模拟外部操作的内部操作使模型从初始状态开始发生一系列变化，直至与外部目标状态对应的内部目标状态出现，然后便可以将解由内部转移到外部。这一过程实际上正是同构模拟操作的过程。

附带说一句，在启发式搜索中所采用的"目的－手段分析法"也与同构有关。这种方法的基本思想是选择有助于消除当前内部状态与内部目标状态之间差异的内部操作，逐步使之更加相似，直至相同。所以，"目的－手段分析法"可以说是一种同构逼近策略。

现代认知心理学中有关意象研究的几个代表性实验——心理旋转、心理折叠等实际上也为同构操作模拟提供了比较简单的实例。限于篇幅，本文不拟介绍，现仅以谢泼德和库珀做过的二维符号心理旋转实验为例，略加说明。

他们把以 6 种方位出现的字母 R 及其镜象字母 Я 分别让被试者观看，任务则是判断所示字母是 R 还是 Я。实验表明，被试者需要形成字母的意象并在头脑中把它旋转到正立的位置，然后做出判断；并且，需要旋转的角度越大，反应时间就越长。

(三)同构实验模拟

实验模拟不仅涉及到模拟观察和操作，还涉及到模拟外界事物在特定条件下依从客观规律而发生的变化。实际上，这相当于做了一次内部的模拟实验，然后再将"实验结果"转移到外部事物。

所谓同构实验模拟亦即模拟过程同构于被模拟过程的实验模拟。在这种情况下，可能的外部过程的致变因素是外部操作和客观规律，而内部过程的致变因素则是内部操作和对于客观规律的把握。显然，由同构实验模拟得到的"实验结果"可以可靠地转移给外部事物。

请注意把这里所说的实验模拟同作为科学技术方法的模拟实验区别开来。模拟实验是指借助实物模型或计算机模型进行的实

验。例如，为了探索地球上生命起源的奥秘，美国科学家 T. 米勒曾用含有甲烷、氨、水蒸汽、氢的气体作为原始大气的模型，用电极间的火花放电模拟闪电，结果得到了多种氨基酸，其中有 4 种和天然蛋白质所含的氨基酸完全相同。这一模拟实验为揭开地球生命起源之谜开辟了新方向。

实验模拟利用的不是外部模型，而是内部的意象模型，模型的变化也不是"自动"造成的，而是对于对象在客观规律作用下发生的变化的模拟。

正因为如此，实验模拟不仅可以象模拟实验那样模拟真实对象在真实条件下的变化，还可以模拟理想对象在理想条件下的变化。

西蒙曾注意到，模拟甚至可以采取思维实验的形式。可以说，同构实验模拟正是思维实验的一种形式。之所以有必要把它明确地区分出来，是因为它具有必然性。

我们仅想举一个著名的思维实验作为同构实验模拟的实例。牛顿曾设想，从高山上抛出物体，初速度越大路程就越长，如果初速度足够大物体就会绕地球飞行。他的这一思维过程就包含着所谓同构实验模拟。

萨特曾经注意到，在想象性意象中会出现对于合乎规律的变化的模拟。他指出，想象态度下的对象，"只要在构成上是物(纯几何空间确定性、共同对象、植物、动物、人)，那么就会是某种认识的相关物(经验的规律，即物理的或生理的规律；或先验的规律，即几何意义上的规律)"。于是，"意象自己也就有了自己的规律，而且，这些规律也依次依从于那种使之得以构成的认识"[6]。我们看到，萨特注意到的现象在同构实验模拟中得到了最充分的体现。

通过本文，我们提出了必然性形象思维的概念，并为之提供了一个统一的框架，阐明了它的一般规律——同构律。我们希望，这种初步的探讨能够有助于把形象思维学建立在更为坚实的基础之

上。

（张铁声）

参考文献

[1]笛卡尔,《探求真理的指导原则》,商务印书馆,1991年版。

[2]C.霍尔登,《理性的乐观主义者——H.西蒙与人工智能》,《国外社会科学》,1987年第8期。

[3]杨熙龄,《美梦还是噩梦》,《国外社会科学》,1987年第5期。

[4]贝塔兰菲,《一般系统论》,社会科学文献出版社,1987年版。

[5]鲁道夫·阿恩海姆,《视觉思维》,光明日报出版社,1986年版。

[6]让-保罗·萨特,《想象心理学》,光明日报出版社,1988年版。

11 演绎与必然性形象思维

本文的目的在于借助同构概念揭示演绎的本质，并以此为基础探讨演绎与必然住形象思维的统一性。让我们从演绎在认知中的作用谈起。

1.演绎的作用

有一种观点认为，演绎可以推出新知。这种看上去符合常识的观点是不正确的。事实上，演绎绝不能推出任何本质上的新东西。许多对逻辑学的发展产生过重要影响的思想家对此都有过明确的论述。例如，数理逻辑的先驱笛卡尔在《方法论》第二部分就曾写道："在逻辑学方面，三段论法以及大部分其他的理论，都只能用来向别人说明自己已经知道的事物，而不能用来学到新的知识"。数理逻辑的开创者莱布尼茨同样认为，演绎不能提供"新的"事实。数理逻辑大师罗素也在《人类的知识》一书中这样写道："演绎法已经变得不象以前人们所认为的那样有效。除了用新的说法叙述一些在某种意义上早已被人认识到的真理以外，它不能给我们以什么新的知识。"维特根斯坦则以不同的措辞表达了同样的意思："如果 p 由 q 得出来，则'p'的意义包含在'q'的意义中。"(《逻辑哲学论》)5.122)"如果一个命题由另一个命题得出来，则后者所谈的较前者为多；前者较后者为少。"(5.14)艾耶尔也指出，演绎只变换形式而不改变意义。至于培根等所谓"归纳派"逻辑学家，更以演绎的结论并不包含任何前提中不包含的信息为理由，将它贬

低为“次要”方法。

《英国百科全书》“逻辑”条指出，关于演绎推理存在着一大难题：“在一种意义上说来，超出前提所包含的东西则结果是错误的，在另一种意义上说来，不超出则一无所获”。令人大惑不解的是：不能推出新知的演绎究竟用处何在？形式逻辑的鼻祖亚里士多德的回答是，演绎的作用就在于使暗含的东西明显化。试看由“苏格拉底是人”和“凡人皆有死”推出“苏格拉底有死”这个推理，两个前提合在一起虽然已经暗含了苏格底有死，但毕竟没有象在结论中那样，用一个句子直接表述这一事实，从而使之更为突出、更为明显。

演绎不能导致新知，而仅能使暗含的东西明显化这一事实，使得一些大思想家想到，所有那些拘泥于形式、冗长乏味的推理过程也许实际上并无必要，人类之所以需要它们，只是由于受到了自身理智局限性的约束。

艾耶尔在《语言、真理与逻辑》一书中说得十分透彻：“逻辑和数学的力量之所以使我们惊异，同它们的有用性一样，是基于我们理性的局限性。”在他看来，“一个具有无限力量的理智的存在者就会对逻辑和数学不发生兴趣。因为他会一眼就看到他的定义中蕴涵的一切东西。因此，他就不必从逻辑推论中学习他还没有充分意识到的任何东西。”就连作为认知科学创始人之一的西蒙也在《人工科学》一书中说过类似的话——“所有正确的推理都是由同义反复组成的漂亮系统，但是，唯有上帝才能直接利用这一事实。而我们则必须从我们的假定吃力地理出结果来，并且很容易出错。”

尽管对于“上帝”或“具有无限力量的理智的存在者”以及诸如此类的神圣的存在深表怀疑，但我们还是不禁要问，这些思想家何以相信这些假定的存在者会不必借助逻辑推理一眼就从前提看到它的结论。

这就不能不涉及演绎的本质究竟是什么这个基本问题。

2. 演绎的本质

一般而言,命题本质上相当于一个或若干个图象,真命题本质上相当于一个与事实同构的图象,或者其中必有且只有一个与事实同构的若干个图象。

就任一演绎推理而言,其前提部分和结论部分可分别视为一个命题,这也就是说,前提部分和结论部分本质上都相当于图象。显然,搞清这两个部分所相当的图象之间的关系,有助于从一个侧面揭示演绎的本质。

我们将主要考察结论相当于一个图象的情况,这是因为演绎主要是用于推出明确结论,而不是用于推测各种可能的情况。

让我们首先考虑前提部分和结论部分都相当于一个图象的演绎推理。为简便记,我们把前提部分和结论部分所相当的图象分别称作图象 Q 和图象 J。

显然,这两个图象的关系应当是:图象 J 是图象 Q 的子图象。

兹简略证明如下:不妨假定 J 不是 Q 的子图象。此时由前提为真可以且仅能知道,图象 Q 与事实同构。由于 J 并非 Q 的子图象,所以不能断言 J 与事实同构。这也就是说,不能断言结论为真,于是就有,该推理非演绎推理,这显然与本证明的前提矛盾。

我们现在再来考虑前提部分相当于若干个图象而结论部分相当于一个图象的演绎推理。为简便计,我们把前提部分的图象集合记作 Q,把结论部分的图象记作 J。

显然,J 应当是 Q 中所有图象的公共部分的子图象。

兹简略证明如下:不妨假定 J 不是 Q 中所有图象的公共部分的子图象。此时,若前提为真,可以且仅能知道 Q 的所有图象中必有且只有一个与事实同构,由于 Q 中所有图象的公共部分是那个图象的子图象,而非公共部分未必是那个图象的子图象,所以可

以且仅能知道 Q 中所有图象的公共部分与事实同构。由于 J 不是 Q 中所有图象的公共部分的子图象,所以,不能断言 J 是事实的同构图象,这也就是说,不能断言结论为真。于是就有,该推理并非演绎推理,这显然与本证明的前提矛盾。

以上讨论仅是就结论部分相当于一个图象的演绎推理展开的。就结论部分相当于若干个图象的演绎而言,情况稍微复杂一些,我们不拟在此详加讨论。

实际上,上述讨论已足以使我们得到一个有趣的结论,那就是,就推出明确结论而不是猜测各种可能情况的演绎推理而言,演绎过程本质上相当于依据前提构造出相应的图象,然后突出其某个子图象并加以语言描述;或者相当于依据前提构造出相应的图象集合,找出这些图象的重叠(亦即公共)部分,然后突出其某个子图象并加以语言描述。

现在我们不难理解,为什么象维特根斯坦、艾耶尔和西蒙这样的深刻的思想家都相信具有无上智慧的存在者会不必借助演绎"一眼就从前提看到结论"了。

实际上,我们很快就会看到,这种无上的智慧只不过是人的智慧的放大了的投影而已。

3. 演绎与必然性形象思维的统一性

这里所说的统一性有两层意思。第一层意思是,演绎本质上相当于特定类型的必然性形象思维,换言之,特定类型的必然性形象思维与演绎推理功能等效。在这个意义上甚至可以说,必然性形象思维的认知功能比演绎推理宽泛。

上述认识有助于在认知科学领域消除某些基本概念的混乱,纠正由之产生的由来已久的偏见。正是由于迷惑于这两者的功能等效性,而忽视了它们在信息处理机制上的差异,才使得皮亚杰将某些必然性形象思维的实例硬塞进演绎推理的框架。

事实上，除非有意，人类是很少仅仅着眼于形式而不顾内容地从事严格的演绎推理的。相反，他们倒是更"钟情"于必然性形象思维。正如维纳所言，"人有人的用处"，人毕竟不是机器！

笛卡尔似乎早就朦胧地意识到了这一点。他在《探求真理的指导原则》一书中就曾这样写道："当演绎是简单而且一目了然的时候，我们用直观就可得知"，"单纯演绎从一事物到另一事物，是用直观作出的"。现代美国逻辑学家 G. J. 马塞对此也有所觉察。他在"逻辑与语言学"一文中就曾指出，所有关于自然语言的论证是有效的证明，依赖于未经训练的语言直觉的程度并不低于依赖于逻辑理论的程度，不管在这里逻辑理论多么迷人。认知心理学家约翰逊-莱尔德更是目光敏锐地注意到，人类按照推理格式或其变种（如欧拉图或文恩图）解决问题仅仅在原则上是可行的，因为这里要求人类具有无限的记忆容量并掌握一套十分复杂的数学符号，但即使是大学生中的天才也无法掌握和运用这些方法，"现行理论要承担人类推理的重负是过于脆弱了。"他认为，人们在解决问题时并未采用"心理逻辑"，逻辑学家描述的种种逻辑与普通人并不相干，我们并没有构造真值表或使用一本正经的推论规则。他大胆推测，可能存在一种没有逻辑的推理，并试图说明，人在不采用"符号算法"的情况下，是可以采取某种方式，以不那么明确的方式遵循形式逻辑的法则的[1]。现在我们看到，所谓"没有逻辑的推理"实际上就是与演绎等效的必然性形象思维。

上述认识还有助于解开人"自动"习得"逻辑思维"这个难解之谜。许多逻辑学家都惊讶地注意到，人们似乎能够自动地学习和运用"演绎推理"。日本逻辑学家泽田允茂在"哲学和逻辑学"一文中写道："人类的逻辑（数学）思维的最初步的、最基本的部分，可以说是自动地正确学来的，是自然地正确地被运用的。"[2]德国逻辑学家格·克劳斯在《形式逻辑导论》一书中写道："逻辑思维是现实存在的事实，不管合乎逻辑地思维着的人们有没有学过逻辑学，它

都在发挥作用。人们在社会活动中学会了形成概念，作出判断，进行推论。他们自发地、不自觉地、但是大体上正确地运用着逻辑思维。"他还指出，这种"不自觉的逻辑思维"总的说来是够用的，物理学家、生物学家、历史学家等即使没有专门研究过逻辑，在自己的学科中也能正确地"合乎逻辑"地思维；对于直接参加生产的劳动群众更可以这样说。

那么，人究竟为什么可以"越过"逻辑学"自动"地学会逻辑思维呢？

克劳斯的回答是：总之，人们本来就在合乎逻辑地思维，而他们之所以能够合乎逻辑地思维，是因为在人类活动过程中发展起来的逻辑思维，从远古时代起就成了人类意识不可分割的要素。克劳斯还批判了康德对于这个问题的回答。他指出："的确，逻辑的东西深深植根于我们的思维之中，植根之深使得唯心主义哲学家康德正是在谈论逻辑的时候断言，逻辑思维似乎是人的精神本身内部所固有的，它不依赖于任何经验而独立存在于人的精神之中。"

无疑，康德的解释是我们不能接受的，因为人的所谓"逻辑思维"基本上是与之等效的特定类型的必然性形象思维，它不是纯形式的，而是有内容的，因而深深依赖于经验。

但克劳斯本人的解释也同样不能令人满意。这是因为，把"逻辑思维"说成是"从远古时代起就成了人类意识不可分割的要素"，并以此来解释人何以能够进行逻辑思维实际上等于没有做出解释。这不啻是说，指南针之所以能够指示方向是因为它本来就具有此种能力！

在我们看来，从必然性形象思维和语言的描述功能入手，也许更有助于揭示人之所以能够"自动地"学会和使用"演绎逻辑"的奥秘，因为人类实际进行的"逻辑推理"基本上是与之等效的必然性形象思维。

演绎和必然性形象思维具有统一性的第二层意思是，演绎同与之等效的必然性形象思维不但同属于必然性思维而且其必然性本质上都出于同一个基本原理，那就是，模型与事实的同构将为子模型与相应的子事实的同构提供可靠保证。

应当指出的是，日本哲学家泽田允茂曾表现出追求这种统一性的热情。他在《哲学和逻辑学》一文中写道："逻辑思维是一种使用语言、数字或其它抽象符号而得到知识的活动。可以认为，无论它是使用语言符号，还是使用数字符号或其他可感觉的图形(或者也可以设想直接把事物本身作为符号使用)，在根本上都是遵循同一的规律，只不过其表现形式不同而已。

不难看出，上述那种意义上的演绎与必然性形象思维的统一性，已经为必然性思维的"同一的规律"奠定了初步基础。物理学家赫兹在《力学原理》导论中指出："一旦我们做到从我们过去的经验中推导出所要求的本质的影象时，我们就能把这些影象作为模型而迅速发展出结果来，这些结果以后将在外部世界表现出来，或作为我们自己的干预而表现出来……我们所谈论的影象即我们关于事物的观念，这些影象与事物在符合上述要求这一点上具有根本的一致，但与事物进一步的一致则不是它们的目的所必需的。实际上，我们不知道也无法得知，除了这一基本关系之外，我们关于事物的观念与事物在其他方面是否一致。"恩斯特·卡西尔把赫兹所描述的这种科学得以从过去推导出未来的方法概括为：我们构造出外部对象的"内在虚构或符号"，并且这些符号的构成方法是，影象的必然逻辑结果始终是被影象的对象的必然自然结果的影象。他指出，在这里，"影象与事物之间内容应相似的模糊要求已被一种非常复杂的逻辑关系所取代，被一种普遍的理智条件所取代。"[3]正如我们所看到的，确切地说，卡西尔所谓的"普遍的理智条件"正是必然性思维的同构原则。

(张铁声)

注　释

[1]参见霍华德·加德纳《心灵的新科学》(续)(辽宁教育出版社 1991 年版)。

[2]载于末木刚博等著《现代逻辑学问题》(中国人民大学出版社 1983 年版)。

[3]恩斯特·卡西尔《语言与神话》(生活·读书·新知三联书店 1988 年版)。

12 数学表达式和演算的认知意义

诺贝尔奖得主、认知科学创始人西蒙(H. A. Simon)在《人工科学》一书中曾提出过一项重要的基础性研究课题——知识表示方式的分类及其差异的认知意义。他这样写道:“理解任何一组现象的第一步,是了解这些现象包括哪些事物——即建立一门分类学。对于表示[方式](representation),人们尚未做到这一点。对于表示问题的各种方法,我们仅有粗略的、不完全的知识,对于表示方式的差别的意义则知之更少”[1]。西蒙对数学中的知识表示和问题解决尤为关注,这是因为在该领域存在着理论空白。他指出:“表示造成区别是人们早已熟悉的论点。我们都认为,自从阿拉伯数字和位计数法代替了罗马数字后,算术就变得比较容易了。不过,我还不知道有什么解释该现象个中奥妙的理论论述。”他还指出,“表示造成区别显然还有另一原因。如我在前一章提到的,整个数学的种种结论仅呈现出已隐含在前提中的东西。因此,所有数学推导皆可简单地视为表示的变换,这些变换使真实但原先模糊的东西清楚起来。”“这一观点可延用至所有问题解决过程——解决问题意味着要将问题表示得使解答方案明显可见。如果事实上可以这样组织解题过程的话,表示确实就成为最重要的问题了,即使这一观点太夸大了,因而不能这样组织解题过程,但对表示如何产生、如何贡献于解决问题过程这些问题的更深理解,也将成为未来设计理论的一个不可缺少的要素”。[2]

众所周知,数学的知识表示和问题解决方式的独特性很大程

度上正表现在表达式和演算的广泛使用上,因此,深入揭示其特殊的认知意义是十分必要的。我们之所以在这里特别强调其认知意义的特殊性,是由于一般而言,数学表达式和数学演算都离不开纸和笔,而一如西蒙所注意到的,用纸和笔可以运用的策略,不用纸笔未必行得通。[3]

有必要指出的是,许多深刻的思想家都从不同的角度在不同的程度上接触过这个问题。例如,赫茨(Heinrich Herts)就曾说过:"我们无法避开一种感觉,即这些数学公式自有其独立的存在,自有其本身的智慧;它们比我们还要聪明,甚至比发明它们的人还要聪明;我们从它们得到的,实比原来装进去的多"[4]。玻尔(Niels Bohr)也已看出,在现代科学中,数学变成了一种公用语言,用来表达一些关系,这些关系用词不可能表达或者表达起来很费事[5]。语言学家鲍林杰(D. Bolinger)则意识到,"数学不象逻辑学那样依靠语言。事实上,数学是通向现实世界的特殊部分的另一条道路"[6]。所有这些思考都颇具启发性,现在的问题是揭示隐藏在这些议论背后的微言大义。

关于数学,曾有过所谓"柏拉图之谜",那就是似乎纯粹思辨的数学何以能够有效地应用于现实世界。与此类似,也许可以把数学何以能够为人类开辟"另一条"认知道路看作是又一个数学之谜。

演算是建立在表达式基础上的,让我们依照逻辑次序先就表达式展开讨论。

关于数学表达式的功用,丹齐克(T. Dantzig)曾指出,其威力首先表现在,能以一种简洁、单义的形式陈述数学事实,从而把数学从字句的束缚下解放出来,否则,"任何普遍陈述都成了一大串累赘的言语,会受到人类语言的种种含糊和误解的影响"。他还补充说,尤为重要的是,符号的意义是人为设定的,不象文字那样不可避免地带有因袭的含义。"文字有因若干世纪的使用而连带的

种种禁忌，字母则完全没有。丢番都使用的 arithmos，菲波纳契使用的 res，都是有先入之见的概念：它们意味着一个整数。但是维也塔的 A 和我们现在所用的 x 是不依附其所假定代表的具体事物而独立存在的。符号有一种超越它所象征的事物的意义：这就是为什么符号不仅仅是一种形式的原故"。丹齐克同时指出，这种符号体系的另一种威力表现在，它为演算提供了可能。"字母可以使人在变换文字表达式时便于操作，从而把任何陈述都变为许多等价的形式。正因为具有这种变形的能力，代数超出了方便的速记的水平"。[7]丹齐克的见解固然是正确的，但是，仅仅把数学表达式本身的优点归结为单义、简洁和独立于自然语言似乎仍然漏掉了更为本质的东西。大数学家兼哲学家怀特海（A. N. Whitehead）在《数学与善》一文中深刻地指出："代数彻底改变了日常语言中比较重要的因素。它本质上是一种书写语言，并且，它努力在其书写的结构中体现它所要表达的模式。也许这种努力并不总是成功的。但是代数彻底改变了日常的语言习惯。在代数的用法中，纸上符号的模式是用以传达思想的模式的一个特例"[8]。

附带提一下，前苏联的数学哲学家亚历山大洛夫（A. Alexandrov）曾在名著《数学——它的内容、方法和意义》一书中指出："数的概念，象任何抽象概念一样，没有一种直接的模型，不能把它表示出来，只能加以思索。但是思想是在语言中形成的，所以没有名称也就没有概念。符号也就是名称，只不过是无声的，而是书写出来的，它把思维在能看见的形式上再现出来"[9]。他的看法虽与怀特海有相通之处，但似乎更强调数学语言与自然语言的共性，而不是差异。倒是鲍林杰更接近于怀特海，他指出，虽然"每当要将数学符号用词语表达时，人们必须求助于语言，但是数学符号同交通信号一样具有更直接的意义"[10]。事实上，怀特海的见解不仅适用于代数，还普遍适用于各种数学表达式。更透彻地说，数学表达式是一种通过书面符号的空间结构或二维结构表达意义的书

面语言。与此形成对照的是,自然语言本质上乃是借助语音符号在时间上展开的线性结构来表达意义的。如果说,就自然语言而言,书写的句子只不过是口头的句子的“影子”或曰符号之符号,那么,就数学语言而言,情况恰好颠倒了过来:对数学表达式的口头表达只不过是数学表达式本身的“影子”。更有甚者,一如玻尔所言,有些数学表达式所表达的东西还是这种“影子”所难以表达甚或不能表达的。由此可见,数学表达式的认知意义就在于,书面的符号结构作为视觉元素直接介入了认知过程并且起着无可替代的作用。如果说,此前的思维过程基本上是凭借表象元素——内部的语言和想象中的形象进行的封闭过程,那么,数学表达式的引入则使得相应的认知过程成为知觉元素和表象元素同时介入的开放性的过程了。笔者在《思维科学札记》一文中曾指出,思维的心理元素并不限于表象元素,还应包括知觉元素(含数学符号)[11]。美国著名认知心理学家诺尔曼(D. A. Norman)在《四个认知科学新课题》一文中以不同的方式阐述了类似的看法,并把这个问题提升到更高的层次。[12]诺尔曼认为,传统的认知研究的一个致命缺陷就是把人看成了与世界隔绝的“纯粹理性”。依照这个脱离实际的认知研究传统,所谓认知只不过是“沉思”而已。有鉴于此,诺尔曼提出,认知科学现在必须开展一场“纯粹理性批判”,对那种同世界相隔绝的纯粹智能的作用提出质疑。在诺尔曼看来,人和其他动物活动于物理世界之中,他们把物理世界作为信息源、提示者,总的说来是作为其自身的知识和推理系统的延伸来起作用的。他认为,人的工作方式有如分布式智能系统,他们的许多智能行为都起因于心理过程同世界上的物体和约束的相互作用,并且许多行为也都是在与他人协作的过程中发生的。人类的认知在相当大的程度上依赖于外部世界,以至于人们的确可以问道,隔绝的心灵,没有感觉器官或操作器官的心灵是否能起作用。诺尔曼强调说,“开放”的智能系统有许多优点,它可以简化某些问题,减轻记忆和运

算负担。我们同世界的许多相互作用在相当大的程度上依赖于世界的结构。我们不必把通过检查即可得到的信息内化，"信息可以留在现实世界中，仅当需要时再通过知觉去抽查它们。"他的结论是，把世界中的信息看作是其自身的数据库，把世界中的事物看作是其自身的数据结构可以大大简化我们内部的记忆结构。他特别提到，外部的数学符号既起着帮助记忆的作用，又使得人的知觉机制可以发挥作用，为选择合适的行为提供强有力的数据驱动刺激。现在看来，纸面上的数学表达式的作用并不象诺尔曼所说的那样，仅仅限于减轻记忆负担和提供数据驱动刺激，更为重要的是，它还可以为认知提供一种新的、为表象元素所难以替代甚或不能替代的知觉元素，从而扩展了认知的空间。认知心理学家米勒(G. Miller)的经典性研究表明，人的短时记忆的容量十分有限，仅为 7 ±2 个组块，这么小的容量是难以容纳复杂数学对象的内容的。而数学表达式作为知觉元素直接介入认知过程就可以使认知摆脱短时记忆容量的束缚，从而为之另辟新径。明乎此，我们方可更加深刻地理解，西蒙为什么如此强调用纸和笔可以采用的策略不用纸笔未必行得通了。

数学不仅提供了一种新的知识表示方式，还提供了一种新的思维方式——形式演算。演算是数学方法的本质特征之一，可以毫不夸张地说，取消了演算整个现代数学大厦就将坍塌。演算之于数学是如此重要，以至于使得形式主义的鼻祖、大数学家希尔伯特(D. Hillbert)试图"把数学理论归结为根据约定的规则对符号作纯粹形式的运算"。直觉主义者布劳威尔(Brouwer)就此评论道，在形式主义者看来，数学的真理是在纸面上；而在直觉主义者看来，数学的真理是在数学家的头脑中[13]。希尔伯特的形式主义虽不无偏颇之处，但至少从一个侧面反映了演算之于数学是多么重要。

前面我们提到，演算是一种思维方式，对此有必要展开进一步

的讨论。

存在着一种把演算与思维对立起来的倾向。例如，著名的布尔巴基(N. Bourbaki)学派在论及公理方法的形式主义性质时，就曾如此写道："它赋予数学的统一性，这不是形式逻辑的间架，也不是没有生命的骨骼的统一性。这是在机体的充分发展中的营养液，是容易受影响的、有成效的、人们有意识地在自己的工作中利用的研究工具，从高斯(J. Gauss)开始，所有伟大的思想家——数学家，所有那些信奉勒让德——狄利克雷(Legendre—Dirichlet)公式的人们总是力求'以计算代替思想'。"[14]显然，"以计算代替思想"这一措辞暗示，演算与思维是不同的东西。马赫(E. Mach)的见解似乎有别于布尔巴基。他在《物理研究的经济本性》一文中如此写道："思维经济的最大成就，是在那种具有最高发展形式的、被广泛地应用于自然科学的探索中的科学即数学中取得的。听起来似乎很奇怪，数学的力量就在于回避不必要的思想和奇迹般地减少思维操作。"[15]事实上，数学的力量在相当大的程度上是通过演算体现的，因此，马赫所谓的"思维经济"或"减少思维操作"当然适用于数学演算。似乎可以把马赫的观点理解为，演算并不是与思维截然对立的东西，而只是一种"减少"了"思维操作"的"经济"的思维。笔者在《思维科学札记》一文中曾经指出，"任何有知觉元素参加的思维过程原则上均可转化为同构且等效的只有表象元素参加的思维过程。如：纸上的推演，欧拉(L. Euler)可以放在脑子里进行。"[16]如果失明的欧拉通过"心算"推演出某一公式，任何人大概都不会否认那的确是一个思维过程。那么，又有什么理由认为借助纸笔进行的同样的过程不是思维过程呢？尽管纸上的运算涉及到外部世界，但它不是通过反馈环节投射在内部的知觉区了吗？用黑格尔(G. Hegel)式的语言说，在这里，外就是内。所以，纸上的演算与心中的演算从认知的角度看并无本质的差异。这里涉及到一个更具普遍性的、推广思维的定义的问题，本文不拟详加讨

论。目前需要明确的是，演算的确是一种思维方式。那么，演算又具有什么特点，以至于称得上是为认知开辟了新的途径呢？

毋庸置疑，演算本质上相当或等效于演绎。换言之，对任一演算过程而言，实质上都存在一个与之同构且等效的演绎过程。不过，由此而把两者视为绝对同一恐怕有欠妥当。日本逻辑学家末木刚博在《现代逻辑学问题》一书中说："至今还作为完全不相干的东西而相互分离的逻辑推理和数学运算不过是在本质上相同的思维活动的不同表现而已。"[17]海耶斯(P. Hayes)则把计算和演绎之间的关系表示为如下公式：计算＝受控的推理。据吴允曾解释，"这里所说的'受控的推理'是指在通常的推理过程中，一组推理规则之中先用哪一条后用哪一条不是机械的，并且无章法可循；而当这些推理规则的应用顺序是机械的，是有章法可循时，这种推理过程就构成了计算。"[18]演算未必象计算那样是机械的和有章法可循的，但演算包括计算。如果"计算＝受控的推理"成立，"演算＝(演绎)推理"自然也是成立的。诸如此类的说法在不同程度上都有把演算等同于演绎的倾向。如果问题果真如此单纯，演算的必要性就大可怀疑了：人类完全可以仅仅凭借演绎建立数学而不必诉诸演算。如果一如马赫所言，演算的作用在于使思维更为"经济"，或者说"减少""思维操作"，那么，演算就是有别于演绎的。不过，应当指出的是，在马赫那里，这种差异还仅仅是表现在量上而不是质上，因此远没有接触到问题的实质。

笔者认为，演算之本质正在于以特定的形象思维(更具体地说是符号操作思维)行演绎之事。换言之，演算的直接现实并非演绎，而是特定类型的形象思维或符号操作思维，但是，它的书写过程同构于对应的演绎过程，其功能等效于相应的演绎推理。实际上，确定演算规则的过程无非就是以演绎为手段去证明相应的演算过程是满足以上要求的。明乎此，就不难理解为什么深刻的思想家会朦胧地意识到演算为认知开辟了"另一条道路了"。一般而

言，演算似乎比演绎更容易。我们每个人恐怕都有过这样的体验：用代数方法去解决复杂的算术应用题，任务一下子就变得轻松多了。莱布尼茨(G. W. Leibniz)曾经设想，新逻辑(数理逻辑)会使两位争论不休的逻辑学家停止争吵，心平气和地通过演算找到正确答案。这似乎表明，莱布尼茨已经意识到演算远较演绎简便易行。这恐怕也是笛卡尔(R. Descartes)之所以倡导“普遍数学”的重要原因。在欧氏几何之后还有必要创立解析几何，在亚氏逻辑之后还有必要创立数理逻辑，固然在一定程度上可以归结为研究对象或研究范围之拓广，但化演绎为演算亦是方法论方面的主要动因。我们看到，这种认知方式上的转换是如何强有力地推动了科学革命的。

西蒙曾经指出，两个问题尽管是同构的，其解法之难易程度也可能是有差异的[19]。现在我们可以就此进一步发挥说，演算过程与与之同构的演绎过程在难易程度上可以相距甚远。究其原委，正在于认知方式之革命性转换。维特根斯坦(L. Wittgenstein)在《逻辑哲学论》中虽曾认定“数学是一种逻辑的方法”，但他同时也指出，“人在解决数学问题时要不要直觉的问题，必须回答说：语言本身在这里就提供了必须的直觉”，“演算(Rechnen)过程恰好促进了这种直觉”[20]。也许，本文的讨论有助于揭示维氏此论的深层内蕴。

(张铁声)

注 释

[1][2][3]引自 H. A. 西蒙《人工科学》，商务印书馆 1987 年版，第 133 页、第 132 页、第 65 页。原译文中 representation 译作“表象”或“表现”，引用时一律改为比较通用的“表示”。

[4][7]引自 T. 丹齐克《数——科学的语言》，商务印书馆 1985 年版，第 64 页、第 73 页。

[5]见伍铁平《语言和思想孰先孰后》,《北方论丛》1980 年第 1 期。原文载于玻尔所著《原子物理学和人类的意识》,莫斯科 1961 年版,第 96 页。

[6][10]转引自[5],原文见 Dwight Bolinger 所著 Aspects of Language 第 2 版(纽约,1975 年)第 239 页。

[8][14]见林夏水主编《数学哲学译文集》,知识出版社 1986 年版,第 348 页、第 378 页。

[9][13]见亚历山大洛夫等著《数学——它的内容、方法和意义》,科学普及出版社 1963 年版,第 12 页、第 81 页。

[11][16]见《思维科学》1985 年第 2 期。

[12]引自 D. A. Norman 所著 Four Issues for Cognitive Science(论文预印本),1990 年。

[15]见《自然科学哲学问题》1987 年第 2 期。

[17]见末木刚博等著《现代逻辑学问题》,人民大学出版社 1983 年版,第 100 页。

[18]见吴允曾著《数理逻辑与计算机》,载于《人·自然·社会》,北京大学出版社 1988 年版。

[19]见《H. A. 西蒙教授在思维科学学术座谈会上的谈话》,载于《思维科学》1985 年第 4 期。

[20]维特根斯坦《逻辑哲学论》,商务印书馆 1985 年版,第 2 页、第 233 页。

13 脑科学、相似论与学生素质培养

问题的提出与根据

要提高教育质量，重点要抓教育思想的转变与方法的改革。好的方法来源于对教育和学习深层次规律的认识和应用。以前经济发达国家对教育和学习规律方面的研究，多是以教育哲学和教育心理学为重点。但教育涉及面较广，不同的角度和不同的出发点则会有不同的结论。现在，西方脑科学的研究正迅速发展，这必将对教育改革产生深远的影响。

100多年来，教育心理学虽然有了很大的进步，但门派林立，到20世纪末心理学界出现了各持己见、很难协调的局面，使后学者眼花缭乱、应接不暇。这是教育心理学中存在的问题，也是我们的教育改革缺乏系统理论的原因之一。

脑科学是本世纪50年代迅速崛起的一门学科。它集神经生理学、神经生物学、认识神经科学、语言学、认知科学、人工智能为一体，是一门跨学科的新兴科学。它对认识论、方法论、本体论等高层次理论建构有着非常重要的意义。它对知识创新和全面开发大脑潜在功能，对教学方法的改革以至人类的全面发展都具有深远的战略意义。

当代脑科学研究的主要内容如下：

1.研究视觉、听觉、触觉、知觉的脑生理机制，以及学习、记忆、情绪、认知神经活动过程。

2. 研究神经元的结构和功能，研究神经元之间联系和信息处理的过程，研究人类语言、思维、行为的原理。

3. 研究大脑神经生长过程中所需要的物质与条件，以及神经建构对环境刺激的关键期与可塑性。

4. 研究大脑神经对外界信息应答中电的、化学的转变方式以及由此而产生的第二信使，乃至第三信使等一系列复杂蛋白质的构型变化和功能。研究细胞神经生长因子、转化因子及其受体变化的过程。研究脑神经生长过程中出现的用进废退的宏观规律。

5. 研究对大脑的保护、疾病的预防和治疗。研究脑电图、脑磁图、正电子层析扫描摄影和核磁共振成像等方法。

根据上述研究特点可以看出，教育心理学着重研究人在教育过程中的宏观规律，而脑科学的侧重点则在于研究人在信息处理和教育过程中大脑神经活动微观变化的规律。要提高教育质量、改善教育方法，最重要的问题是要全面地认识人类大脑从微观到宏观发展变化过程中的系统规律。研究教育心理学的人不应该忽视当前脑科学中取得的成果和规律；研究脑科学的人也不应该忽视教育中取得的成果和规律，两者应当是相互学习、取长补短，围绕当前我国教育中存在的实际问题共同开展研究。这样做将会促进脑科学与教育心理学之间的沟通，以利于微观规律和宏观规律较好地结合。

在当前教育改革的实践中，有的幼儿园，五、六岁的儿童能轻而易举地表达自己想要说的话，并基本符合语法；他们能在幼儿园日常的生活游戏中，不太费劲地认识 800－900 个左右的常用字，轻松愉快地学会 100 以内的加、减法。这些成果如果能在脑科学专家和有经验的教育工作者的共同协作下系统地加以研究，增加其符合神经科学与教育心理学规律的成份，并上升为科学的理性认识，就能为科学教育增加很有意义的内容。

还有些小学能使学生快速地进行阅读和记忆，不单是对符号、

文字进行记忆，而且能对图像、语义、事件进行记忆，并且学习自觉性很高。教育工作者在大量实践中所进行的创造劳动的成果，能为理论研究提出很多发人深思的问题。

利用脑科学的成果提高人们的学习效率是我们亟待解决的问题。当代学习领域的专家雪夫林、阿特金森的学习流程图，由感知到短时记忆以及长时记忆、激活、匹配、控制目的、反馈、输出所描述的学习行为，仅仅停留在显性学习和认识的那种慢变化行为上。如果仅仅按照雪夫林和阿特金森学习流程图的步骤和反应时间，那就根本不能解释人在阅读中的快速反应行为，以及人们在说话中对答如流、快速反应的事实。我们理论工作者对此绝不能视而不见，应该根据实际情况对它进行研究和改进。学习和记忆是人获取知识的重要行为，对教育质量的提高具有非常关键的作用。当前应利用脑科学、神经生理学中的最新发现和某些成果对雪夫林、阿特金森的学习流程图进行某些改进，使它更符合科学教育的实际需要。

现在很多人不重视心理健康，不了解自己大脑神经活动应该遵循的规律，常常是在不知不觉中胡思乱想，严重干扰、损害神经的正常运作、久而久之便会出现各种各样的精神疾病，轻则烦躁不安、对学习不感兴趣、注意分散、记忆衰退，重则危及身体健康，造成人与人之间的对立。这种情况也是必须设法改变的。

用脑科学和相似论的观点改进教学

这主要包括以下内容：

1. 以《相似论》的主要观点为依据，以当代脑科学、生理学、心理学、认知科学、思维科学中的最新成果为基础，针对学习研究中出现的各种不同的流派和学说，如顺应同化说、模仿说、条件反射说、刺激反应说、迁移说、范例说、模式说、同构说、模块－网络等各种不同的学说进行深入研究。研究其表面上各异而深层却存在的

相似性以及相互联系，从中找出融会贯通的道理，使人们达到荀子在论及认识事物过程时所强调的那个“千变万化其理一也”之“理”，老子强调的“道生万物”之“道”，以及人们常说的“万变不离其宗”的“宗”，从而达到举一反三、触类旁通、领会开悟的境界。

2. 用相似的观点将教育中的德、智、体、美、操作、创新活动有机地联为一个整体，避免那种政治老师教政治，数、理、化老师灌输知识，体育老师单纯上体育课，美术老师教绘画，音乐老师教唱歌，相互脱节，相互不联系的局面。人要变得聪明，一个非常重要的生理条件是神经系统的灵敏性与选择性，而这种神经系统的建构则必须在动手操作过程中，通过手和脑的巧妙配合才能完成。所以，人的判断能力和思考能力，也是随着双手活动经验的积累而发展起来的。大量的试验已经证明：人类大脑皮层发展到一定程度，就能摆脱与感觉器官的直接联系，进行综合的抽象思维。因此，从表面上看，人们的综合的抽象思维能力已与动手并没有什么直接的关系，但这种能力的形成，同样离不开长期动手经验的积累。

从教育自身来看，世界范围内，教育心理学主要有两个大的学派。一派是认知、信息加工学派，一派是行为主义学派。认知学派特别强调认知的重要，而行为主义学派则认为操作和行为对人的成长关系重大。其实，这两个学派都有各自的科学道理，但都存在着一定程度的偏颇和不足。我们只有把这两个学派的主张中的合理成份加以综合与贯通，找到它们深层次的、脑科学中的相似性，才更为符合客观实际。

尽管不同领域的学习行为有所差异，但“万变不离其宗”的“宗”，“千变万化其理一也”之“理”就在于：要学会一项本领，不但要掌握其中的道理，而且要进行大量的、相似的动手练习，才能真正领会操作的要领，才能真正把知识转化为能力，才能真正做到心灵手巧，才能真正培养出高素质的人才。

生理学与神经科学的研究告诉我们：人在动手操作的过程中，

肌肉和关节是以最直接的方式参与运动的，感觉器官和神经系统则担负着随时监视这一运动过程的职能。而大脑呢？不但要参与行为发动时的决策，而且要综合由神经系统传入的、动态的反馈信息，并根据自己已有的知识和经验对这些信息进行分析、判断、推理……，再通过神经系统指挥肌肉和关节进行不断地校正，从而使人的行为方式越来越合乎规范，越来越准确、精细。比如，小学生横穿马路，这是一件极普通的事，但它却要求孩子对马路上车流的状况做出迅速、准确的分析、判断甚至推理，只有这样才能确保他们安全通过。有了这样的亲身体验，将来学习函数坐标时，他们就会对抽象的概念、公式有更加形象、深刻的理解，就会使他们的思维更加切合实际，从而培养他们相似于实际的本领。

另外，脑科学的研究已经证明：在复杂的运动中，人的大脑是需要调动数不胜数的、不同的神经与肌肉以一种高度整合和协调的方式参与的。例如，动手修补一件东西，用手去抛掷或抓住一个对象，这其中便包括着眼与手之间极为复杂的交互作用。人的很多举动，尤其是那种已经熟练了的、自动化的、无意识的活动，整个运动序列在大脑中是以一种完整的单位展开的。所以，只有在人的大脑中建构起这种高度程序化了的序列才能使科学实验、能工巧匠的熟练操作、钢琴家、打字员或运动员的快速反应成为一种可能。而这一运动序列程序的建立和固化则需要通过反复地实际操作才能实现。所以，从某种意义上说，手巧才能心灵。

另外，相似论关于学科的建造过程还提出过以下主张，即任何一门学科都是该学科对其研究的对象由相似现象的认识开始，然后进入结构的相似、过程的相似、功能的相似，最后达到认识其关系的相似，从而达到对该事物发展规律认识的过程。不管是生物学、化学、数学抑或是最现代化的计算机科学都是如此。

由于人的大脑的感受、认识、以及思维都存在着相似性，所以，正常的人会自觉遵守“已所不欲勿施于人”、“己欲立而立人，己欲

达而达人”的信条。因而，孟子认为“恻隐之心人皆有之”，这就人们所说的道德、修养的基本根源。

人们的生活习惯、风俗、大脑认识中的相似性，是美感的实质，是产生审美标准的基本原因。比如，北京人喜欢京剧、河南人喜欢豫剧，陕西人喜欢秦腔，四川人喜欢川剧，江浙人喜欢绍兴戏……皆是这个道理。由于人们听觉的相似性，人们喜欢音乐频率、节奏方面的相似性。所以，诗歌、音乐便出现了结构的相似、韵律的相似、和音、对位、重复。这就是音乐美感的实质。

体育训练中各种标准的制定，全世界基本是相似的。人们学习各项体育运动必须从模仿范例开始，相似于老师的标准动作，进行相似的练习，否则，就不会形成高水平的“动力定型”。

总而言之，德、智、体、美必须抓住儿童发展的关键期，可塑性，按照相似论的原理来指导我们对儿童的培养和教育。

3. 以生理、神经科学研究中的最新成果为依据，研究短时记忆如何更好、更快地转为长期记忆；研究 LTP(长时程增强效应)与 LTD(长时程压抑效应)的机理，研究复述、韵律、注意、情绪与大脑存贮的相似信息之间的内部的联系，为提高学习效率提供科学根据。

4. 研究显性学习与隐性学习的内在机制以及相互转化的规律。通过神经机制中的相似性原理进行相似激活、相似匹配、相似重组，为显性学习过程中的演绎、归纳、类比推理提供神经科学上的依据。

5. 研究创造性思维中最奥妙的“直觉”、“顿悟”在神经、生理方面的原因，为人们长期以来对“直觉”、“顿悟”、“灵感”的迷惑提供新思路，为培养高素质创新人才打下可靠的基础。

6. 研究集营养卫生、心理健康为一体的教育方法，使学生在实际的学习和生活中对身心健康有一个全方位的认识。

7. 研究儿童教育的关键期和可塑性中有关生理、神经、化学递

质建构的原理，避免儿童在关键期因不符合神经生理规律而导致的学习障碍。

8.将人的认识、操作、建构、科学技术活动和工业生产与环境保护高度地融为一体去进行综合考虑，为人类本身可持续性发展提供根据。

几千年前我国著名的思想家就总结出了“天人合一”的大道理，并提出了高瞻远瞩的结论：“人法地，地法天，天法道，道法自然”。话虽不长，但意义深远。人要健康成长，必须符合大自然界的规律，必须要和生我养我之大自然的规律相适应。相似于这种规律，人类就能健康成长，持续向前发展；破坏了这种相似规律，人类自身就会受到损害，甚至会走向衰亡。

（张光鉴）

14 探讨机械制造工业改革与相似论的关系

机械制造工业改革需要相似哲理

当前，一个国家的制造技术的高低，直接影响该国的经济生产水平、精神文明和物质文明的水平。中国要在“九五”期间和21世纪走进世界先进国家的行列，没有先进的制造技术，尤其是没有先进的机械制造技术和工业，是不可能的事。

原机械工业部包叙定部长在贯彻中央改革精神的题为《积极推进“两个转变”，大力振兴支柱产业》重要报告中提出了要打好“三大战役”的主张，即要搞好产品质量翻身，组织结构优化，开发能力提高三方面的工作。

国务院副总理吴邦国在上述会议上，肯定了机械工业部在“九五”期间把增强自主开发能力作为三大战役重点内容来抓，是抓住了当前中央强调的在经济改革中要重视人的创新思想的实质；并认为这是和江泽民总书记在最近讲话中指出的“创新是一个民族进步的灵魂，是国家兴旺发达的不竭动力”，“一个没有创新能力的民族，难以屹立于世界先进民族之林”的重要指示精神是完全一致的。吴邦国副总理还提出：“在引进国外先进技术中，既要重视硬件，也更应该重视软件，在技术上，既要深入消化吸收，更要自立创新，走符合本国国情的路”。

表面上看，重视软件、消化吸收、自力创新，和人的创新思维是两个不同意义上的概念，但只要我们深入地进行一些剖析，就不难

发现,学习、消化、吸收外国先进的科技经验,还是要重视软科学的方法、管理哲学、经营哲学、技术哲学等高层面上的实质性问题,还是离不开科技人员和管理领导人员在思维过程中的创新能力。世界著名的美国管理学家、卡内基·梅隆大学的诺贝尔经济学获奖者H.A.西蒙教授,就是美国认知科学(思维科学)的创立者之一,德国的诺贝尔物理学奖获得者海森堡、日本的市川龟久弥、三枝博音、星野芳郎,加拿大的M.邦格,美国的A.阿西莫夫、熊彼待、威廉·F.奥格白恩、法国的彭加勒、贾·罗歇、昂·贝阿特里斯等,都是研究创造性思维的理论家和实践家。一个国家科学技术上要取得长期稳定的进步和发展,没有软科学方面的深刻理性思维和科学哲学层次上的配合是不行的。

前些年为振兴中国的机械制造工业,机械部科技与质量监督司联合国家科委工业科技司、国家计委科技司、国家自然科学基金委员会材料与工程科学部以及中国机械工程学会,在京共同召开了先进制造技术发展战略研讨会。集中了国内著名的有关专家进行了充分的讨论,为振兴中国机械制造工业献计献策。与会专家提出了我国机械工业一系列有关新技术、新措施、新思路的重要建议。就从现代机械制造技术最基础的CAD、CAPP、CAM一直到计算机集成管理MRP、CIM、CIMS以及西方先进制造技术中有关LP(精节生产)、CE(并行工程)、AM(敏捷制造)、虚拟企业等技术,提出了很多有意义的看法。从中可以看到,当前西方机械制造工业的方法的确是日新月异,令人眼花缭乱。

去年邹家华副总理在听取中国机械部电脑及应用技术开发公司汇报后指出:“企业重组、并行工程、敏捷工程这些东西都是西方国家提出来的,没有一个是中国提出来的。当然,他们提出这些东西有他们的前提和基础,他们现在的生产方式、市场已经不行了,想找一条出路。这个国家找这条出路,那个国家找那条出路。”“我们中国是什么状况?应该搞个什么工程?还是把这许多工程都搬

过来？中国机械工业也需要考虑怎么发展。”邹家华副总理归纳了外国机械制造中出现的很多新方法、新哲理后指出：“这么多的哲理，再归纳一下，和我们讲标准化、系列化、通用化是很相似的，这些哲理归纳起来的结果还是类似的。”什么是‘类’？《辞海》第1931页中解释为，“类”，相似也！我们今天为什么要把成组技术与相似理论结合起来呢？可能这和邹家华副总理的指示有很多相通的地方。为什么邹副总理要在千变万化中归纳出“类似”、“相似”这个核心问题呢？这正如中国古代著名哲学家荀子的一句名言：“以类行杂，以一行万，类不悖，虽久同理。”也正如我国民间一句著名的话所说，“万变不离其宗”。唯物辩证法更认为，“类”就是规律！“类”就是客观规律的实在！现代机械制造工业的基础，计算机辅助设计CAD工作中如果不抓相似的类，设计各行其是，还有什么标准化、通用化、系列化？新品种一上，工卡量具都是全新的，设计时间长，制造周期长，投资大，产品生产出来成本高，性能早已落后于现实，还能为市场所接收？所以要缩短新产品的设计时间，德国现在的做法就是在相似的原有零部件图纸上进行某些变异设计，既保留了原来产品的可靠性又增加了新颖性，大大缩短了新产品设计的时间，节约大量的工卡模具和成本。又如，现代西方的所谓虚拟公司如不根据产品功能的相似性，怎样去找到应进入该公司的虚拟企业？要生产一种新发动机的“虚拟公司”，能随心所欲地去找一个在原产品生产上与之毫无结构相似、工艺相似、关系相似、功能相似的企业进来合伙生产经营吗？现在西方生产过程、设计过程、经营过程甚至现代战争过程中所大量采用的所谓“仿真技术”、“虚拟现实”、“灵境技术”、“模拟管理”等，都是以相似原理的核心思想为其基础技术的。

现在西方先进国家推行的所谓LP精节生产方式，其核心是强调要精简生产管理中不必要的环节，充分协调部门与部门之间的一致性，通过子系统中的自组织作用，在自相似、自适应性中，提

高部门之间的“磨合”能力，消除产品生产过程中那些相互扯皮、相互脱节的无序现象，以达到精节生产那种高效有序化的系统状态。此外还强调在生产管理上，发挥科技人员、管理人员的创造性才能；要造就一批一工多能、举一反三、触类旁通、熟练掌握相似性认识能力与操作能力的能工巧匠。在收入分配方面特别重视经营者、管理者、科技人员和工人在利益方面的相似性。当然这种相似性不是那种平均主义形式的相似性，而是按每个劳动者在工作中所呈现的那种价值方面的一种相似报酬。这乃是发挥职工主动积极性关键的关键，而职工的主动性乃是一个生产企业在经济改革中成败的关键所在。

所以在改革中，要最大限度地协调人、机器设备、生产管理、思维方法、经济分配等系统的关系都离不开相似性的哲学思考。

先进机械制造技术需要成组技术与相似理论相接合

1996年10月在西安召开的全国成组技术学术交流会上，笔者应成组学会会长李沛钰、秘书长万斌、王志博教授的邀请，在大会开幕会上作了“成组技术与《相似论》”的发言，引起在座同志与有关专家的兴趣和共鸣。我们很愿意和感兴趣的同行和专家来进行探讨，共同推动成组技术和相似论方面的发展。现将《相似论》的主要观点和内容表述如下：

其实，在我们生活的环境中，在我们学习和工作中，在我们大脑的思维活动中，每个人只要稍加注意，相似性的现象那真是俯拾皆是、无处不在。我国著名的儒、释、道先哲们，有一句非常奥妙的话——“最大的道理，就在你身边，就看你悟不悟吧”！我们经过多年科研工作的实践和对科学技术发展史的研究，逐步地明白了这句话后面那种深刻的道理和内涵。现在把我们的一些观点和心得呈述如下，供读者参考。

物理学中司空见惯的相似现象很早就引起了物理学家的注

意,1848年,首先由法国的科学院士别尔特兰(J. Bertrand)悟出了一条相似的大道理,即关于相似不变的道理,后来人们称之为物理学中的"第一相似定理"。1925年,T. A. 阿法那赛夫－爱林费斯特又悟出了判别两种现象具有相似性的判别式,即物理学中的"第二相似定理",并应用到流体力学中模型理论,应用于飞机、船舶的设计制造中。1930年,俄国的科学家M. B基尔皮契夫及A. A. 古赫曼悟出了相似现象判据的充分条件,后人称为物理学中的"第三相似定理"。这三个大道理为以后的工程技术在设计桥梁、水坝、飞机、船舶、建筑的模型方面打下了坚实的基础。

在化学中,科学家门捷列夫从化学元素间相似性的现象中悟出了"化学元素周期表",成为化学中最重要的规律。

在生物学中,达尔文在1831年至1836年乘"贝格尔"号轮船的环球旅行中,从植物、动物大量的由同到变异的相似变化中,悟出了伟大的"进化论"。1953年,华生和克里克又从DNA与RNA所谓"样板"和"复制"的相似运动和相似联系中,悟出了生物遗传的普遍规律,把生物的进化论从宏观水平推进到分子微观水平。

在研究人们思维活动方面,巴甫洛夫、华生、桑代克等一批心理学家,从人类思维活动中大量呈现的相似性中,悟出了"相似律"、"接近律"、"类比律",成为心理学联想学派经久不衰的重要规律。其实,现代认知心理学中很多理论和道理如"模仿理论"、"范例理论"、"同化理论"、"顺应理论"、"迁移理论"……无一不是以相似性为根本原理而发展起来的理论。

现代横断科学的方法论,所谓新三论、老三论,以及新出现的超循环论、分形论、混沌理论,也无不以研究相似性为其基本原理。控制论的提出者维纳指出:"我在今天的生物科学和工程科学进行研究的过程中,找到了许多相似的东西,因而力图使用这样的词汇,把不同的东西中的相似性表示指明出来。否则在这一领域进行的工作中就会混杂不齐并缺少对问题最基本的共同性的理解。

我的目的就在于把各个科学领域中进行的努力联合起来,使它们都致力于对相似的问题的划一解决"。新三论中协同学的提出者H.哈肯更从广阔的科学范畴中存在的相似性为其出发点指出:"近年来,越来越清楚地看到,物理系统和化学系统中存在大量的例子,具有充分组织性的空间结构、时序结构或时空结构从混沌状态产生出来",而"这些结构是自发地发展起来的,它们是自组织的。但使许多科学家惊奇的是,当大量的这类系统从无序状态变为有序状态时,它们的行动显示出引人注目的相似性"。哈肯在《协同学》一书的序言中说:"本书中,我们想要解释这类(相似性)的基本原理和基础概念,并介绍用来妥善处理它们的数学工具"。新近出现的"分形论"、"混沌理论"那更是开宗明义地指出是以相似性研究为己任的理论了。

从以上科学的发展过程不难发现,科学家的研究道路虽然各异,但都殊途同归于以相似想象为基础的某种发现与创造。

正如著名科普作家高士其在《相似论》序言中所指出的那样:"科学本身就是动手与动脑的产物","人在自然界中,一方面以高度集中的精神,专注于外部世界形态变化,一方面又以理智的思索在内心世界进行分析、综合"。由于自然界的变化过程自始至终都存在着同与变异的相似性运动,人的思维活动过程也大量存在相似活动,所以不论哪方面的研究成果、论文或著作,都自然而然地呈现大量以相似性为主要内容的论述。

相似论的主要观点,是想要把不同学科间、不同方法论间那种相对单一的相似性方面的论述,加以融合贯通,即想通过更加深入而广泛的相似性原理予以系统地进行阐述。站在本体论、认识论、方法论相统一的科学的唯物辩证观点上去进行研究,使人们在新学科层出不穷,日新月异的今天不至迷失方向,使人们能掌握荀子所说的:"千变万化,其理一也"之"理",老子所说的"道生万物"之"道"。这样就使我们的思维富于创造性,达到"举一反三"、"触类

旁通”的境界，继续向大彻大悟方向迈进。

相似论提出了三条基本规律，从推动事物运动的四个基本作用力出发，导出相似运动律、相似联系律、相似创造律，再由此进而提出了三个相似关系：现象相似与本质相似、静态相似与动态相似、宏观相似与微观相似的关系，系统地论述了自然界、科学、技术、思维发展过程中所表现的相似规律和关系。

成组技术工作的发展，在我国已经有二十多年的历史。60 年代是以机械零件加工过程中的相似性为特征去进行分组的，缩短了加工时间，提高了设备的利用率，发挥了显著的作用。80 年代，成组技术逐步和计算机相结合进入到 CAD、CAPP、CAM、FMC，成组技术中应用相似性的范畴随之进一步扩大。在 CAD 中按照几何的相似、结构的相似和功能的相似进行设计，大大地缩短了设计时间，减少了工、卡、模具的制造。在 CAPP、CAM 和 FMS 中，按照工艺的相似、加工过程的相似、结构的相似，进行变异设计，以单元结构、功能的相似性和可组合性进行生产，大大地缩短了工艺编制时间和制造周期，又减少了设备投资，提高了产品适应市场快速变化的要求。

80 年代末 90 年代初，随着市场经济瞬息万变，竞争日益加剧的情况，以顾客对产品需求为核心的计算机生产、管理、经营系统的建立，CIMS、AMS(Advanced Manufacturing System)的出现，相似性的研究内容更进一步扩大，已进入到所谓的“范围经济”(scope economy)。在 AMS 先进制造技术中要求生产率、质量、柔性和其他无形变量必须通过创新与企业的整体战略达到高度的相似性和一致性，否则企业经济效益就会下降。Richardson 等研究了电子制造业的盈利性指标后指出：“公司使命”(商业战略)和“制造任务”(制造战略)之间的相似性和一致性与盈利有正相关关系。

AMS 今后如果进一步发展，进入到经济、环境、社会系统协调发展阶段的话，相似性研究仍然是一个非常重要的问题。因为自

然界环境的相似条件，提供了人们赖以生存的空间。如果人们在生产中或在交通工具中，使用了不恰当的设备，破坏了人类原有的相似环境，空气污染，土壤污染，臭氧层被破坏，人类就不能很好地生存下去。

机器制造中最大量的产品——汽车、飞机、船舶、建筑结构本身的设计，正如前面所述，乃是以物理学中的三个相似定理推导出来的计算方法进行设计的。产品功能的相似性，决定了结构的相似性；材料力学上的相似性，决定了产品零部件几何尺寸的相似性，大了浪费、小了应力不够；又因各种专家在长期工作与实践中所积累起来的经验，甚至是审美观，又增加了某类产品所必须具有的相似性。电器产品——发电机、变压器、电动机，功率、电压用途的相似性决定了硅钢片几何的相似、匝数的相似性，绝缘、散热、安全保护中的相似性。但相似性不能理解为相同性！相似包含着相同与变异。产品设计中要合理地保留着原有产品中某些零部件的相同的部分，变异设计创造出产品中的新颖性。在正常的生产过程中，一般来说，这种变异和新颖性要严格地受到当时科学、技术、原材料工艺水平的制约，不可能随意改动。

在引进外国的先进产品中，要狠抓质量上的相似性，切不可搞形式上的相似，一哄而上、重复建设，外观相似而本质相差甚远，那就必然导致失败和严重的浪费。

90年代，计算机技术以相似原理为基本思想，推出了“系统仿真”、“模拟管理”、“模拟现实”和“灵境技术”，大大推进了设计与制造中的自动化水平，为新式波音777飞机设计、制造缩短了工期，节约了大量的资金，为美国计算机界所瞩目，并引起国家当局的高度重视。近几年来，计算机由于采用了精简指令系统即所谓的RISC(Reduced Instruction Set Computer)技术，使微处理器的速度比以前提高近50倍，被称为计算机体系中的一项重大革命。其实精简指令的核心就是不折不扣应用相似性原理。以前的计算机采

用的是多指令系统，一台计算机有时需要二三百条指令，要使用它得熟读厚厚的一本书，对使用者极为不便，又增加了集成电路设计的复杂性。后来计算机研究人员从大量的实践中和测试中恍然大悟，几百条指令中80%的指令，用处是不大的，只有20%经常用的指令才是核心，把这20%的基本指令稍加变异和组合，即能实现80%中指令的全部功能，并大大地提高集成电路中的集成度，简化制造中的复杂程度，使计算速度飞速地提高。计算机专家称这一举措，是应用了所谓20% - 80%规律！使一般人听了不知其所云。外国人喜欢在名词上标新立异，新名词层出不穷，其实质仍是应用某种相似性原理的一种创造。所以我们要善于认识事物中深刻存在的相似性关系，不管它名词如何变化，很快就能了解其实质。这样对待机械制造中日新月异的新名词，就不会迷惑不解。正如东南大学吴锡英教授在《机械制造的振兴与成组技术》论文中要把LP(精节生产)、CE(并行工程)、AM(敏捷制造)中的某些关键技术思想归结为在成组技术基础上灵活运用相似性的问题。

企业生产、管理急需相似功能多的创新人才

目前世界上很多大学，包括美国麻省理工学院，为了培养跨世纪的科技人才，不惜重金选聘博学多才著名的教授，来培养跨学科的硕士生、博士生。使他们成为科学工程技术中能举一反三、触类旁通、熟练应用相似原理的通才！通才的助学金、奖学金比单科研究生、博士生多几倍，在社会上掀起了一个培养通才、尊重通才、重用通才的社会风尚。

以前西方教育在学科分工上大部分学校只重视学生知识上的专门化，使学生学习的范围越来越专、越来越窄，在复杂的事物面前，越来越缺乏整体观和系统观，甚至在学习总体上失去了主攻的方向。任何一个事物都是作为一个系统而存在的。比如汽车，本身就是一个巨系统工程的产物，从设计到制造，从工程整体的审美

观到人机操作系统，从各种原材料，零部件的加工到热处理，从发动机到整体结构，从制动性能到道路通行状况以及人员的安全，从静态到高速运动中的稳定性、振动性到驾驶人员、乘客的舒适性，从气化器到燃烧做功，从废气的排放到噪音分贝的高低，从测试的仪器、试验的方法，到高速 A/D 转换的多回路的相关分析测试计算机，应有尽有，花样翻新。没有知识渊博、相似功能多的科技通才，没有深刻懂得生产、管理、经营的领导，一个汽车制造厂哪能生产出价廉物美的汽车来?！所以就是在美国，著名的福特和克莱斯勒汽车制造厂在市场经济的风浪中，也因失去了杰出的领导几次险些沉没！

科学家和工程学家，费尽了九牛二虎之力找到了如何认识系统、分析系统的方法，即模型分析方法。描述系统的重要方法有功能模型、信息模型、过程模型、物流模型、组织模型、资源模型、经营模型、管理模型。什么是模型的要素和实质? 系统论的提出者贝特朗非经常在系统论中提到“同构”和“同态”问题。正如苏联系统专家萨多罗夫所说，“同构”“同态“就是事物中功能相似、结构相似以及过程相似和关系相似的问题。

现代化的企业急需一工多能的能工巧匠，需要相似性知识多的人才。在生产中，怎样才能使我们的产品质量和先进国家在本质上达到高度的相似，而不只是生产外形相似、质量低下的产品?我们要生产出宏观功能方面相似于日本丰田、尼桑的发动机和汽车，这就要从微观相似开始进行研究，从各种材料中微观结构的相似、性能的相似、加工精度的相似、热处理过程的相似，生产工艺一系列的相似中去进行研究。当然我们很希望一下子就能超过日本、美国。但由于我国现有的设备条件、经济状况，人员素质的相似程度，要超过上述国家还需要有一个过程。所以周恩来总理原来对机械制造行业的方针是:“一是体制、二是改革、三是创新。”这个方针就是在当前还是很有实用价值的。实际上日本制造工业之

所以发展快，就是走的这条路。我们以前看不起日本，说它只会模仿，没有什么了不起。以前一提起东洋货（即日本货）就是伪劣商品的代名词，为先进国家的购买者所不取。曾几何时，价廉物美的日本货一举占领了世界很多市场，在美国汽车制造业中引起了很大的反响。美国近几年如果不在生产实践、管理中研究日本，学习日本，与之相似，美国的汽车工业就不会有今天的地位。

日本职工为什么在工作中会产生“工作狂”的现象，为什么一工多能的人较多，为什么劳资双方的矛盾比西方少，这些都成为美国、英国、法国研究的方向，在生产、管理中仿效的内容。

相比之下，我国在提高质量工作方面进展就相对缓慢，在“大跃进”的年代中甚至还产生质量倒退现象。这一系列的问题都涉及到相似论中所说的现象相似与本质相似、宏观相似与微观相似、静态相似与动态相似的关系等范畴和认识论问题。原材料要在微观性能上和先进国家相似，这也涉及材料微观分子水平上电子与电子、电子与原子核在库伦力作用下的力学中的相似问题。其实热处理问题，晶体的结构变化问题、渗碳等问题都是改变分子间作用力的实质性问题。原材料要过关，涉及很多基础科学的理论问题。相似论的主要根据是建立在客观世界运动过程中四种作用力，即引力、库伦力、弱作用力、强作用力基础上的一种理论，所以不是单纯的模仿的问题，而是在唯物主义辩证法指导下研究客观世界中相似运动、相似联系、相似创造规律的理论和实际问题。

在汽车化油器改进中，还不是找到了柴油机高压油泵在雾化柴油运动过程中的一些相似原理而进行改革的吗！

现代数控机床中的数控激光切割、数控转盘冲压、数控加工中心、数控自由精密锻压机床，只要稍加剖析都是某种结构相似、功能相似、部件相似上的一种重组与综合的结果。

在生产、管理中如何做到科学管理、实事求是，做到管理者能敏捷反应生产、管理、市场中的高速变化的现实？这不能单纯依靠

计算机，其实高级管理人才的大脑就相似于一台最现代化的超巨型的神经网络计算机，现有的电子计算机没有人的直觉能力，更没有创造性思维的能力。而人的创造性思维能力，正在于信息处理过程中善于应用相似性原理。所以，牛顿能把苹果落地，物体受力在空中作抛物线的运动，以及月球绕地球的旋转，这些不同形式的信息经过大脑深层次的信息处理后认定它们都是基于引力这个相似原理的不同显现。

所以，著名的美国创造思维心理学家 S. 阿瑞提、日本的汤川秀树、法国的彭加勒、德国大科学家莱布尼茨，都非常重视对相似性问题进行深入的研究。在科研创新中需要应用相似性功能强的人才，在机械制造中同样也急需这方面的创新人才。在现代化的企业中，只有充分发挥这些人和计算机相互联合的优势，先进机械制造技术才能顺利前进。

对今后成组相似工程方面工作的几点设想

第一，在国家标准化、通用化、系统化的统一指导下，大力推广成组相似工程、智能 CAD 的工作，为我国的人和计算机集成管理系统，为提高产品质量和自主开发打下良好的基础。

第二，建立完善各种计算机辅助设计辅助制造，以及生产管理过程中跨平台的开放信息处理系统和网络通讯系统，为企业的横向功能重组以及“虚拟企业”、“虚拟公司”做好准备。

第三，大力培养大中型企业主要负责人成为管理、经营、技术高层次上的通才，不但要懂自然科学，同时更要懂得社会科学和思维科学等方面的知识和应用，不断地将中国的大中型企业的生产管理工作推向适应市场经济变化的新水平。

第四，加强领导部门与产、学、研的经常联系，使宏观功能相似性与微观结构相似性之间在认识上、行为上达到高度的一致性，使机械制造业逐步地进入到自组织、自相似、自主开发的高级阶段。

第五，发挥计算机多媒体通讯网络的功能，逐步实现跨行业、跨部门的实体和虚拟的横向联合，为共同开发国家所急需的新材料、新工艺、新产品而协同攻关，从而发挥中国社会主义特有的优越性，为振兴我国的机械制造工业出力。

成组技术经过20多年来同志们的辛勤劳动和共同努力，已被很多专家确认为是先进制造技术的基础，今后我们还要把成组技术中应用的相似原理推进到相似工程阶段，使之发挥更大的作用。

（张光鉴）

15 悖论研究的误区与爱因斯坦的启示

我们面对的重大问题无法在我们制造出这些问题的思考层次上解决。

——爱因斯坦

斯蒂芬·里德曾这样谈及哲学家与悖论的关系："悖论既是哲学家的惑人之物，又是他们的迷恋之物。悖论吸引哲学家就像光吸引蛾子一样。但同时，悖论又是不能忍受的。我们做出的各种努力必然是为了消除悖论。哲学家是巫师，其任务就是拯救我们，使我们摆脱这个恶魔。"(《对逻辑的思考——逻辑哲学导论》,[英]斯蒂芬·里德著，李小五译，张家龙校，辽宁教育出版社、牛津大学出版社，1998)

然而，令人惊异的是，自古希腊哲人发现"说谎者悖论"以来，两千多年过去了，"巫师"们虽使尽了浑身解数，却始终未能为我们除去这个"恶魔"。用大逻辑学家克林的话说便是："问题至今悬而未决，没有任何一种答案能得到普遍的认可。""至今没有一个人能够使大家信服地明确指出悖论的推理中有任何谬误，从而解除悖论。"

"悖论"简单得连小孩子都能看懂，又有一代又一代一流思想家为之耗尽心力，竟然无人能解，这实在是人类思想史上极为罕见的现象。

这一奇特的现象使人们完全有理由怀疑，众"巫师"之所以"法

术"失灵，端在于他们都陷入了"恶魔"设置的误区而难以自拔。

这个大胆的怀疑似乎可以从爱因斯坦那里得到印证。这位智者断言："我们面对的重大问题无法在我们制造出这些问题的思考层次上解决。"

爱因斯坦的妙论当然是源于他的物理学研究：

"当爱因斯坦开始研究相对论以及解决之道，最后得到 $E=mc^2$ 时，他有一大有利条件——他有一个很好的问题。爱因斯坦的许多同辈都在钻研同样的现象，不过他们试图解决一个截然不同的问题。他们的问题大致如下：

'既然我们知道大自然无法如此运行，它怎么表现出这种运行方式？'

他们未能成功。更多实验，更多金钱，或更多努力也无济于事。他们失败是因为他们在找一个不存在的答案。爱因斯坦成功是因为他在研究一个可找出解决之道的问题。他自问：

'如果大自然就如我们所察觉的那样运行，那么它会是什么样子？'"(《谁坏了你的大脑：爱因斯坦的天才思考法》，[美]斯科特·索普著，蔡梵谷译，南海出版公司，2002)

尽管爱因斯坦与逻辑缘分不浅——早年就心醉神迷于欧氏几何逻辑大厦，晚年又与号称"亚里士多德以后第一人"的大逻辑学家哥德尔过从甚密，但他毕竟不是逻辑学家或逻辑哲学家，他的话果真会给我们带来有益的启示吗？回答是肯定的。

请注意，"我们面对的重大问题无法在我们制造出这些问题的思考层次上解决"这句话显然具有一般方法论的意义，而绝非仅仅囿于物理学。

我们知道，出于爱因斯坦之口的所谓"重大问题"不可等闲理解，份量非常之重。尽管如此，"悖论"却完全当得起这个称谓。那么，"悖论"之所以一直无法解决，是不是由于众"巫师"花样翻新的"法术"始终停留在我们制造出"悖论"的思考层次上呢？这，正是

爱因斯坦带给我们的启示。

我们将以“悖论的老祖父”、“最难消解的悖论”——“说谎者悖论”为例展开讨论，尽管爱因斯坦的启示同样适用于解决其他“悖论”。

“说谎者悖论”源于语句

本语句为假。(L)

人们发现，该语句可导致如下怪圈：

如果L是真的，则L就是假的；
如果L是假的，则又有L是真的。

这便是大名鼎鼎的“说谎者悖论”。显然，如果上述推理没有错误，并且L又是要么为真要么为假的，该“悖论”便足以质疑演绎的可靠性，这也正是众“巫师”必欲除之而后快的根本原因所在。值得一提的是，“说谎者悖论”还有一个“变种”——“强化的说谎者悖论”，它由

本语句不是真的。(L′)

引出。由此生成的怪圈是：

如果L′是真的，则L′就不是真的；
如果L′不是真的，则又有L′是真的。

这一版本之所以被称为“强化的”，是因为它没有使用“假”这个概念，还因为对“说谎者”似乎很有希望的解法在面对这个怪圈

时就完全失效了。所以，一种解法只有能够摆脱掉“强化的说谎者”的纠缠才算得上是真正成功了。

关于“说谎者悖论”，人们提出过种种见解。这些见解大体上可分为两大类：一类承认它确为悖论(实际上等于承认L是命题，亦即要么为真要么为假的单义句，并且L及其否定可以合乎逻辑地相互推出)，一类则否认它是悖论。

在承认它是悖论的见解中，又可分为两类：一类主张它体现了某种特殊类型的真理，根本无须回避(如黑格尔和维特根斯坦)；另一类则主张它是无可容忍的，理应设法回避(如塔斯基)。

否认它是悖论的见解也可分为两类：一类主张导致“悖论”的语句是命题；另一类则主张这样的语句根本不是命题。进一步细分，“命题说”中又有“真命题说”(如后期皮尔士)与“假命题说”之分(如芬斯勒)，“非命题说”中又有“无意义说”(如克吕西波、前期皮尔士和斯特劳森)与“非真非假说”(如齐硕姆和克里普克)之分。

尽管这些学说似乎穷竭了一切可能，然而，令人惊愕的是，迄今为止却无一得到公认。究其原委，原来它们都有致命的缺陷：要么晦涩难懂、自相矛盾，要么重新回到了原先的怪圈，要么跳出了“油锅”(老怪圈)又进“火坑”(新怪圈)。

面对此种怪现象，我们不禁要问，出路究竟何在？

爱因斯坦的警语可以给我们带来这样的启示，那就是，我们必须回过头来重新审视人们是在什么思考层次上“制造”出这个怪圈的，并进而跳出这一思考层次。

请注意，在“制造”怪圈时，人们苦苦追问的是，如果L是真的(以及如果L是假的)究竟会从中推出什么结论。这实际上便已然预设了(或者说默认了)L是一个单义句(亦即L有且仅有一个明确的含义)，否则，他们便不会去直接谈论L的真假，而是会就L的某一种含义谈真论假了。换言之，“制造”怪圈的“思考层次”可以用“L是单义句”来刻画。依照爱因斯坦的说法，我们应该跳出

这个层次，亦即对“L是单义句”这一成见提出质疑。

果不其然，这个预设是荒谬的。

事实上，我们完全可以用反证法严格地证明，L不是单义句而是多义句。该证明十分简洁，人们以前之所以没有想到，并不是由于它有多么复杂，而是由于始终没有意识到“说谎者”竟然有这样一个预设，当然也就谈不上怀疑其真实性了。

不妨假设L为单义句。此时便有，L要么为真要么为假要么非真非假。如果L为真，则有L为假，矛盾。由反证法即有，L非真。如果L为假，则有L为真，矛盾。由反证法即有，L非假。如果L非真非假，则有L为假，矛盾。由反证法即有，L并非非真非假。综合以上三个结果便有，L既不是真的也不是假的又不是非真非假的，矛盾，证毕。

一旦开了窍，这个意外的结果倒也不难理解。

不难看出，L无非是“L为假”的简略写法，两者虽形式有别而含义并无不同。同理，后者无非是“‘L为假’为假”的简略写法，两者也是形异而义同。此种分析可一直进行下去。结果我们愕然发现，L原来乃是下述无穷嵌套的自相似结构的简略写法，两者虽形式有别，而含义却并无不同：

(((……)为假)为假)为假　　　　　　(L_1)

显然，这个无穷嵌套的自相似结构正像一切无穷嵌套的自相似结构一样，有一个奇妙的性质，那就是，无论在其外层依照其构造规律再添加几层（有限层），所得到的仍为同一个结构。例如：

((((……)为假)为假)为假)为假　　　　(L_2)
(((((……)为假)为假)为假)为假)为假　(L_3)
……

与 L_1 实际上完全相同。

容易看出，我们可以把 L_1 理解成一个永远也说不完的、语义不完整的语句。显然，L_1 在这种含义下的真值只能是非真非假的。与此同时，我们可把 L_2 理解为是在断言上述含义下的 L_1 为假。由于上述含义下的 L_1 是非真非假的，故而 L_2 的此种含义只能是假的。类似地，我们可把 L_3 理解为是在断言上述含义下的 L_2 为假。显然，此种含义下的 L_3 就只能是真的。此种分析可一直进行下去，以至无穷。

请注意，L_1，L_2，L_3，……的所有这些不同的含义实际上都是由同一个结构——

(((……)为假)为假)为假

来表达的。这足以表明，该无穷嵌套的自相似结构实际上具有无穷多种含义，并且它在这一系列含义下的真值依次为非真非假以及假与真的交替出现。

由于 L 与这个无穷嵌套的自相似结构形异而义同，说它是多义句便是极易理解的了。

至此，唯一正确的答案终于找到了：既然 L 是多义句，“L 是真的”、“L 是假的”便也是多义句，根本就不是正确的推理对象(正确的推理对象只能是命题)。这意味着，“说谎者悖论”中的推理纯属逻辑之误用，根本就不合逻辑，该“悖论”由此始获彻底消解。

反观上述众“巫师”的诸多解法，才知道他们全都上了“恶魔”的当。他们均效法“恶魔”的做法——直接就 L 本身而不是在分析其含义的基础上就其某一含义谈真论假，始终没有意识到 L 具有多种含义。

借用爱因斯坦的话，众“巫师”全都是在“制造”怪圈的思考层次上试图“解决”怪圈。这就难怪“说谎者悖论”以及其他严格意义

上的“悖论”(包括“强化的说谎者”)要久攻不下了。

让我们牢记爱因斯坦的忠告,在遇到无法解决的重大难题时,不妨跳出“我们制造出这些问题的思考层次”,另辟新径。

(张铁声)

16 透视“说谎者”怪圈

——从一道奇特的数学难题说起

“悖论”的独特魅力在于：它们简单得连中学生都能看懂，却使得诸多大哲学家和大逻辑学家为之耗尽心力，始终未能找到公认的解法。也许，只有数论中那些著名的超级难题才具有同样的魅力。

在五花八门的“悖论”中，最难消解的是所谓“悖论的老祖父”——“说谎者”。有人甚至认为，只要解决了这个“悖论”，其他“悖论”也就不在话下了。该“悖论”的强化形式由一个极其简单的句子——“本句子不是真的”(其中，“本句子”是指它所在的那个句子本身，为简便计，以下将该句子简记作 L)引出：

如果 L 是真的，则 L 就不是真的；
如果 L 不是真的，则又有 L 是真的。

这个“悖论”的构成可谓简单至极，难怪霍夫斯塔德(中文名为侯世达)要称其为“一步的怪圈”或“一步即成的奇异的循环”了[1]。

尽管它看上去再简单不过了，却正如克林所指出的那样，尚无一人能够令人信服地找出其推理中的错误，从而真正使之归于消解[2]。

笔者经长期反复思考，终于在一个难眠的午夜恍然大悟，只要识破 L 乃是一个无穷嵌套的自相似结构的简略写法，就会取得实质性突破。

那么，究竟什么是无穷嵌套的自相似结构呢？一道饶有趣味的数学题恰好为之提供了实例：

试证明如下等式：

$$1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cdots}}=\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\cdots}}}$$

乍看上去，该等式两侧的表达式都十分复杂，欲证它们相等谈何容易，简直是无从下手。然而，只要我们能够看出，左式与右式均为无穷嵌套的结构，且其每一层子结构（表达式本身可视为第 0 层子结构）实际上均为同一个结构（具有以上两个特点的结构即我们所谓的无穷嵌套的自相似结构），灵感便会突如其来。

令 $1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cdots}}=a$，$\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\cdots}}}=b$

利用上述无穷嵌套自相似结构的特点立即便有：

$$1+\frac{1}{a}=a$$

$$\sqrt{1+b}=b$$

现在，问题一下子变得十分简单：我们只消分别求出 a、b，证明 a=b 即可。

先求 a。以 a 分别乘 $1+\frac{1}{a}=a$ 的左右两边，即有：

$$a+1=a^2$$

移项后可得：

$$a^2-a-1=0$$

由此即有：

,

$$a=\frac{1\pm\sqrt{1+4}}{2}=\frac{1\pm\sqrt{5}}{2}$$

由于 a 显然大于 0,故有:

$$a=\frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

再求 b。将 $\sqrt{1+b}=b$ 两侧分别平方即有:

$$1+b=b^2$$

移项后即有:

$$b^2-b-1=0$$

同理,可求得:

$$b=\frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

于是,我们便有 a=b,证毕。

我们已经看到,只要我们能够识破待证等式左右两侧的表达式均为无穷嵌套的自相似结构并充分利用其特性,这个看上去十分棘手的怪题便会以极其简单明快的方式迎刃而解。

令人惊异的是,深入思考一下便会发现,句子 L 恰恰也是特定的无穷嵌套的自相似结构的简略写法,两者虽形式有异而含义并无不同。如果事情果真如此,我们自然有理由期待,只要抓住 L 的这一特性,便会找到解决问题的突破口。

不难看出,由于"本句子"之所指乃是"本句子不是真的"这个句子本身,故而 L 无非就是"'本句子不是真的'不是真的"的简略写法,两者虽形式有别而含义并无不同。同理,后者无非就是(((本句子不是真的)不是真的)不是真的)的简略写法,两者也同样形异而义同。此种分析可一直进行下去。其结果是,我们愕然发现,L 原来乃是下述无穷嵌套自相似结构的简略写法,两者虽形式有别,含义却并无不同:

(((……)不是真的)不是真的)不是真的 (L_1)

显然,这个无穷嵌套的自相似结构正像一切无穷嵌套的自相似结构一样,还有一个奇妙的性质,那就是,无论在其外层依其构造规律再添加几层(有限层),所得到的仍为同一个结构。

例如:

((((……)不是真的)不是真的)不是真的)不是真的 (L_2)

(((((……)不是真的)不是真的)不是真的)不是真的)不是真的 (L_3)

……

与 L_1 实际上完全相同。

不难看出,我们可以把 L_1 理解为永远也说不完的、语义不完整的语句。显然,L_1 在这种含义下的真值只能是非真非假的(相当于克里普克所谓的"无真值"或"无根基"的)。与此同时,我们可把 L_2 理解为是在断言上述含义下的 L_1 不是真的。由于上述含义下的 L_1 是非真非假的,故而 L_2 的此种含义只能是真的。类似地,我们可把 L_3 理解为是在断言上述含义下的 L_2 不是真的。显然,此种含义下的 L_3 就只能是假的。此种分析可一直进行下去,以至无穷。

请注意,L_1,L_2,L_3,…的所有这些不同的含义实际上都是由同一个结构——

(((……)不是真的)不是真的)不是真的

表达的。

这足以表明,该无穷嵌套的自相似结构实际上具有无穷多种

含义，并且，它在这一系列含义下的真值将依次为非真非假以及真与假的交替出现。

由于L只不过是这个无穷嵌套的自相似结构的简略写法，含义并无不同，故而L亦具有如上所述的无穷多种含义，且在每种含义下均取唯一确定的真值。

既然L乃是具有无穷多种含义的多义句，“L是真的”以及“L不是真的”亦便成了具有无穷多种含义的多义句，故而不应施推理于其上。换言之，直接施推理于“L是真的”以及“L不是真的”纯属逻辑之误用。

于是，我们便找到了2000多年来人们一直在寻找的“说谎者”推理中的错误——施推理于多义句。这表明，人们一直以为无懈可击的“说谎者悖论”中的推理根本就不合逻辑。至此，这个“悖论的老祖父”始获真正之消解。此外，应当强调指出的是，此一解法还是非特设性的。

事实上，我们完全可以用反证法严格地证明，L确为多义句。该证明十分简单，人们之所以没有想到它，并不是由于它复杂，而是由于想不到L竟然是多义句，亦即想不到真正需要用反证法来加以证明的命题。

证明：

不妨假设L为单义句。

此时便有，L要么为真要么非真。

如果L为真，则有L非真，矛盾。

由反证法即有，L非真。

如果L非真，则有L为真，矛盾。

由反证法即有，L并非非真。

综合以上两个子证明的结果便有，L既不是真的也不是非真的，矛盾，证毕。

请注意，在上述假设之下，“L为真”以及“L非真”均为命题，

故而子证明中出现的推理怪圈也便成了合乎逻辑的。

如果上述解法仅仅适用于这个“悖论”，那么其意义就仍然是有限的。令人振奋的是，我们业已发现，这种解法竟然普适于所有的“典型语义悖论”——包括由句子“本句子是假的”引出的原始的“说谎者悖论”、有关形容词是否适于修饰自身的“格雷林悖论”、有关自然数性质描述语之字典序编号的“理查德悖论”乃至被称为“语义学黑洞”的几个“三值悖论”（例如，由“本句子或者是假的或者是悖论性的”引出的“悖论”）。

换言之，我们业已表明，导致这些“典型语义悖论”的“悖论性语句”均为一个无穷嵌套的自相似结构的简略写法，具有无穷多种含义，从而揭示了这些“悖论”的推理全都犯有施推理于多义句的错误，根本就不合逻辑。至此，我们就可以宣称，我们已经为所有的“典型语义悖论”找到了一个非特设性的（亦即并不依赖于专为解决“悖论”而设立之规定的）统一解。感兴趣的读者不妨亲自验证一下我们的说法是否正确，这是一个充满乐趣的探索过程。

研究表明，“典型语义悖论”实际上都是在一个假预设下产生的，这个预设便是，相关的“悖论性语句”（如“本句子不是真的”）具有唯一确定的含义。如若不然，人们就不会简单地谈论这些句子的真值为何，而是去谈论它们究竟有几种含义以及其每一种含义的真值为何了。换言之，“典型语义悖论”的毛病并不像以前所认为的那样，是出在前提或者推理规则上，而是出在预设上。

令人振奋的是，我们还进而发现，“典型集合论悖论”与“典型语义悖论”一样，也是基于一个虚假的预设，只要证明了这个预设是假的，问题也就应刃而解了。例如，就著名的“罗素悖论”而言，就是预设了“罗素集”（亦即所有不以自身为元素的集合的集合）的存在。而事实上，这样的“集合”根本就不存在，一如弗雷格晚年所意识到的那样。

于是，我们便进而为所有“典型悖论”找到了一个非特设性的

统一解，那就是证伪其一个预设，并利用由此得到的“新奇的真理”使之归于消解。

（张铁声）

参考文献

[1] 侯世达，《哥德尔·艾舍尔·巴赫——集异璧之大成》，M，北京，商务印书馆，1996，第22页。

[2] 杨熙龄，《悖论文献访求漫记》，J，《国外社会科学》1984年第12期，复印报刊资料《逻辑》1985年第1期。

17 “语义学黑洞”之消解

——论“强化的说谎者悖论”

1.引　言

物理学中所谓的“黑洞”是指宇宙中一类密度至大的天体，它能将靠近它的物质和光统统吸纳。而所谓“语义学黑洞”则是指“悖论”中难度最大的一类，它能使适用于消解其它悖论的方案统统归于失效。

这类“悖论’”就是被称为“强化的说谎者悖论”的一组“悖论”，包括“本语句不是真的”、“本语句或者是假的或者是无根据的”、“本语句或者是假的或者是悖论”[1][2]。这些语句中的“本语句”均指其所在的语句本身。所谓“无根据的”是克里普克(Kripke)使用的术语(也译作“无根基”)，实际上相当于“无根据言其真假”[3]。

这些语句之所以被视为“悖论”，并非毫无道理。

且看“本语句不是真的”。如果它是真的，它就不是真的；如果它不是真的，它又是真的。

试看“本语句或者是假的或者是无根据的”。如果它是真的，它就是假的或者无根据的；如果它是假的，它就是真的；如果它是无根据的，它也是真的。

再看“本语句或者是假的或者是悖论”。如果它是真的，它就是假的或者是悖论；如果它是假的，它就是真的；如果它是悖论，它也是真的。

有些“悖论”仅由其为真和为假方可推出矛盾，而由其非真非假推不出矛盾，此即所谓“二值悖论”。而所谓“强化的说谎者悖论”则不然，不仅由其为真和为假可推出矛盾，由其取既非真亦非假的“第三值”仍可推出矛盾，属于“三值悖论”。

相对而言.“二值悖论”是比较容易消解的，只消证明其为非莫非假即可。“三值悖论”就不那么简单，这也正是“强化的说谎者悖论”之所以被称作“语义学黑洞”的原因所在。

所谓三维立体画实际上只是二维图像，仅当我们以特殊的方式注视它们时，奇迹才会突然发生：在一刹那间，原本平淡无奇的画面竟会展现出多层次的奇妙景象。笔者在研究“强化的说谎者悖论”的过程中也有类似的体验。经过漫长的毫无结果的痛苦思索之后，在一次夜晚的散步中，一个带来光明的想法突然不期而至：“本语句不是真的”原来相当于一个无穷嵌套的语句，具有无穷多种语义，且在每种语义下均取唯一确定的真值，而此前关于其为悖论的证明则犯有施推理于多义句的错误，故而该语句根本就不是什么悖论。从这个新的视角出发，另外两个“强化的说谎者悖论”也同样显现出其多义句本质，并由此获致彻底之消解。

2. 关于“本语句不是真的”

让我们先来证明，这个语句不是单义句。

证明：

不妨假设该语句为单义句。

此时便有，该语句要么为真要么为假要么非真非假。

如果该语句是真的，则有该语句不是真的。矛盾。

由反证法可知，该语句不是真的。

如果该语句是假的，则有该语句是真的，矛盾。

由反证法可知，该语句不是假的。

如果该语句是非真非假的，则有该语句不是真的，于是便有该语句是真的，矛盾。

由反证法可知，该语句不是非真非假的。

综合以上三个子证明的结果，便有该语句既不是真的，也不是假的，又不是非真非假的，矛盾。

由反证法可知，该语句不是单义句。证毕。

既然该语句不是单义句而是多义句，接下来的问题自然就是：它到底有哪些语义，在每一种语义下究竟取何真值？

我们知道，“本语句不是真的”中那个“本语句”指的正是其所在的语句本身。这意味着，“本语句不是真的”只不过是“‘本语句不是真的’不是真的”的另一种较为简单的说法。显然，这种分析可一直进行下去。最后我们将会发现，“本语句不是真的”只不过相当于下面这个无穷嵌套的语句——

((……不是真的)不是真的)不是真的

的简略说法。两者虽形式有别，语义并无差异。因而，现在我们的问题就变成了：弄清这个无穷嵌套语句有哪些语义，以及其在每一种语义下真值为何。

首先，我们可以把它理解成是在断言一个语句不是真的，而那个语句又在断言一个语句不是真的，如此等等，以至无穷。此时，它便是一个永远也说不完的、语义不完整的语句，这样的语句自无真假可言。换言之，该无穷嵌套的语句在这种语义下之真值为非真非假。

另一方面，我们也可以把那个无穷嵌套的语句理解为是在断言上述那种语义不完整的语句不是真的。由于该种语义下的语句

是非真非假的，所以，这个断言显然是真的。换言之，该无穷嵌套的语句在这种语义下之真值为真。

同样，我们还可以把这个无穷嵌套的语句理解成是在断言上一种语句不是真的。由于它实际上是真的，所以，这个断言就是假的。换言之，该无穷嵌套的语句在这种语义下之真值为假。

我们还可以把这个无穷嵌套的语句理解成是在断言上述那种语句不是真的，此时，它就又成了真的。

此种分析可一直进行下去。于是，我们便会发现，这个无穷嵌套的语句实际上具有无穷多种语义，且在每一种语义下均取唯一确定的真值。这个结论自然也适用于“本语句不是真的”。

“本语句不是真的”在其任意一种语义下均取唯一确定的真值显然意味着，该语句在其任意一种语义下都不是悖论。这是因为，它在任一语义下取且仅取某一真值显然意味着，不可能由其在该语义下取该真值推出其在该语义下取另一真值。这表明，它在任一语义下都不会是三值悖论。此外，即便是它在某一语义下取且仅取真假二值之一，也不可能由其在该语义下取该真值推出它在该语义下取真假二值中的另一真值。这表明，它在任一语义下也不会是二值悖论。

现在让我们回过头来重新审视一下关于这个语句是悖论的证明：

如果“本语句不是真的”是真的，“本语句不是真的”就不是真的；

如果‘本语句不是真的”不是真的，“本语句不是真的”就是真的；

所以，“本语句不是真的”是(三值)悖论。

这个证明实际上依赖于一个秘而不宣的预设，那就是，“本语

句不是真的"是一个单义句。只有在此预设下,该证明才是合乎逻辑的,否则,便犯有施推理于多义句的错误。然而,正如我们已经指出的,这个预设是假的,故而该证明根本不能成立。

至此,第一个"强化的说谎者悖论"已获致彻底消解。

3.关于"本语句或者是假的或者是无根据的"

分析表明,与"本语句不是真的"类似,"本语句或者是假的或者是无根据的"也相当于一个无穷嵌套的语句,这个无穷嵌套的语句就是:

((……或者是假的或者是无根据的)或者是假的或者是无根据的)或者是假的或者是无根据的

显然,对这个无穷嵌套的语句同样可作多种理解。我们既可以把它理解成一个永远也说不完的、语义不完整的语句,也可以把它理解成断言上述那种语句或者为假或者无根据的语句,还可以把它理解成断言上一种语句或者为假或者无根据的语句,如此等等,以至无穷。不难看出,这个无穷嵌套的语句在第一种语义下的真值只能是非真非假的,在第二种语义下的真值只能是真的(因为非真非假的语句自然是无根据可言真假的),而在第三种语义下的真值则是假的(因为真语句既不是假的也不是无根据的)……。总而言之,该无穷嵌套的语句在这一系列语义下的真值依次为非真非假以及真与假的交替出现。

由于"本语句或者是假的或者是无根据的"与这个无穷嵌套的语句仅有形式上的差别而语义并无不同,所以上述结论自然也适用于前者。

如此说来,"本语句或者是假的或者是无根据的"实际上具有无穷多种语义,且在每种语义下均取唯一确定的真值,因而在其任

何一种语义下都不是什么悖论。

现在让我们回过头来重新审视一下原先那个证明它是悖论的证明。这个证明实际上也依赖于一个潜在的预设,那就是该语句是一个单义句。由于这个预设是假的,所以该证明同样犯有施推理于多义句的错误,根本不能成立。

4.关于“本语句或者是假的或者是悖论”

这个语句同样也相当于一个无穷嵌套的语句,这个无穷嵌套的语句就是:

((……或者是假的或者是悖论)或者是假的或者是悖论)或者是假的或者是悖论

对这个无穷嵌套的语句同样可作无穷多种理解:一个永远也说不完的、语义不完整的语句,断言上述那种语句或者是假的或者是悖论的语句,断言上一种语句或者是假的或者是悖论的语句……。显然,它在这一系列语义下的真值依次为非真非假以及假与真的交替出现。

“本语句或者是假的或者是悖论”与上述无穷嵌套的语句是异形同义的,因而,它也具有一如上述的一系列语义,且在每种语义下均取唯一确定的真值,故而在其任何一种语义下都不是什么悖论。

不难看出,此前证明该语句为悖论的证明同样依赖于它为单义句这个潜在的预设,故而也犯有施推理于多义句的错误,根本不能成立。

5.余 论

克里普克曾经以为,只要把“说谎者悖论”——“本语句是假

的"说成是无根据的，就可以消解这个"悖论"[3]。事实上，这只能勉强用来否定它是二值悖论，却不能用来否定它是三值悖论。之所以说"勉强"是因为，他的这个理论是自相矛盾的。显然，由"本语句是假的"是无根据的可推出它是非真非假的，由此即可推出它不是假的，最后便可推出它是假的，这就引出了新矛盾，重新回到了原先的怪圈。事实上，只要把这个语句误当成单义句，便不能真正解决问题。此后有人又用"无根据的"造出一个"悖论"——"本语句或者是假的或者是无根据的"，这恐怕是克里普克始料不及的。

我们业已证明，原始的"说谎者悖论"也并不是单义句而是多义句，其证明同样犯有施推理于多义句的错误，从而使之获致真正之消解[4]。

与物理世界的黑洞迥然不同，观念世界的"黑洞"并不那么可怕，它们并不能把一切"悖论"解决方案都化为虚无。

（张铁声）

参考文献

[1]张建军，《回归自然语言的语义学悖论》，《哲学研究》，1997年第5期。
[2]杨百顺主编，《现代逻辑启蒙》，第324页，中国青年出版社，1989年版。
[3]王雨田主编，《现代逻辑科学导引》上册，第681－682页，中国人民大学出版社，1987年版。
[4]张铁声，《一类"语义悖论"之消解——作为自我否定句的"语义悖论"》，《山西师大学报》(哲社版)，1998年第3期。

18 一类"语义悖论"之消解

——作为自我否定句的"语义悖论"

1.概　述

本文给出了自我否定句的定义，并进而指出，典型的"语义悖论"——"强化的说谎者悖论"、"格雷林悖论"、"理查德悖论"以及"说谎者悖论"均为自我否定句，从而为统一消解此类"语义悖论"提供了可能。本文证明了自我否定句语义定理及其真值定理，指出自我否定句均为多义多值句。以此为基础，本文进一步论证了，自我否定句均有无穷多种语义(意义)，且在每种语义下均取唯一确定之真值，因而在其任何一种语义下均非悖论。本文还证明了，对任一自我否定句 A 而言，当且仅当 A 为单义句，证明其为悖论的特定证明方能成立。将此一般结论分别用于典型的"语义悖论"便可发现，先前关于其为悖论的证明只不过是上述那种特定证明的特殊形式而已。这表明，先前那些证明均不能成立，并且犯有同一种错误，即把所论语句误当成单义句了。这相当于偷用了一个假预设，包括四个典型"语义悖论"在内的所有自我否定句型"语义悖论"由是即可获致统一之消解。

2. 自我否定句与典型的"语义悖论"

在给出自我否定句的定义之前，有必要首先考察一下语句的

同义关系。

语句可依据其可能具有的语义之数目分为单义句和多义句，语言学中所谓有歧义的语句即为多义句。我们把一个语句可能具有的不同语义之集合称为该语句的语义集。如果两个语句A与B的语义集全同，我们就称A与B同义或者A同义于B。

语句的同义关系显然具有以下重要性质：

(1)自返性，亦即A与A同义。

(2)对称性，亦即如果A与B同义，则B与A同义。

(3)传递性，亦即如果A与B同义，B与C同义，则A与C同义。

(4)如果B为A之子语句，C与B同义，则以C置换A中之B所得之A^*与A同义。

显然，两个同义的单义句逻辑等值，两个同义的多义句在同一语义下逻辑等值，然而，两个同义的多义句在不同的语义下却未必逻辑等值。

现在让我们给出自我否定句的定义：如果语句A同义于"A非真"或者"A为假"，则称A为自我否定句。

由定义可知，自我否定句可分为两类，一类与言其非真的语句同义，一类与言其为假的语句同义，为便于讨论，我们称前者为非真型自我否定句，称后者为为假型自我否定句。

事实上，典型的"语义悖论"——"强化的说谎者悖论"、"格雷林悖论"、"理查德悖论"以及"说谎者悖论"均为自我否定句——前三个语句为非真型自我否定句，第四个语句则为为假型自我否定句。兹分别说明如下：

"强化的说谎者悖论"系指语句"本语句非真"。依照规定，该语句中之"本语句"系指"本语句非真"本身。这意味着，语句"本语句非真"与"'本语句非真'非真"虽形式有别而语义并无不同，故两者同义。

“格雷林悖论”系指语句“‘非自状的’是非自状的”。依照规定,如将一形容词代入语句形式“‘a’是 a”所得之语句非真,则称该形容词为“非自状的”。这意味着,“‘非自状的’是非自状的”只不过是(((非自状的)是非自状的)非真)的另一种说法(由于我们只有双引号和单引号,故不得不以括号代替引号),两者虽形式有别而语义并无不同,故两者同义。

“理查德悖论”系指语句“i 是理查德数”,自然数之性质描述语可按字典序排列从而获得一个自然数编号,故而每个自然数均对应于一个自然数性质描述语。依照规定,如一自然数与其所对应的性质描述语组成之语句为真,则称其为非理查德数,反之则称其为理查德数。“i”系指恰与“是理查德数”这个性质描述语对应的自然数。显然,“i 是理查德数”只不过是“‘i 是理查德数’非真”的另一种说法,两者虽形式有别而语义并无不同,故两者同义。

“说谎者悖论”系指语句“本语句为假”。依照规定,该语句中之“本语句”系指“本语句为假”本身。这意味着,语句“本语句为假”与“‘本语句为假’为假”虽形式有别而语义并无不同,故两者同义。

既然典型的“语义悖论”均为自我否定句,我们便可一般地考察自我否定句的性质,从而得出适用于这些“语义悖论”的结论。

3. 关于自我否定句的两个定理

本节将证明自我否定句语义定理和自我否定句真值定理。

自我否定句语义定理　自我否定句均为多义句。

证明:

为证明该定理只消证明非真型自我否定句与为假型自我否定句均为多义句。

先证非真型自我否定句均为多义句。

不妨假设该命题不成立。

此时便有,至少存在一非真型自我否定句A为单义句。

由于A为单义句,故有A要么为真,要么为假,要么非真非假。

由于A与“A非真”同义且A为单义句,故有A与“A非真”逻辑等值。

如果A为真,便有A,于是便有A非真,矛盾。

由反证法可知A非真。

如果A为假,便有A非真,于是便有A,亦即A为真,矛盾。

由反证法可知A非假。

如果A非真非假,仍有A非真,于是便有A,亦即A为真,矛盾。

由反证法可知A并非非真非假。

综合以上三个子证明的结果便有,A并非要么为真,要么为假,要么非真非假,矛盾。

由反证法可知该命题得证。

再证为假型自我否定句均为多义句。

不妨假设该命题不成立。

此时便有,至少存在一为假型自我否定句A为单义句。

由于A为单义句,故有A要么为真,要么为假,要么非真非假。

由于A与“A为假”同义且A为单义句,故有A与“A为假”逻辑等值。

如果A为真,便有A,于是便有A为假,矛盾。

由反证法可知A非真。

如果A为假,便有A,于是便有A为真,矛盾。

由反证法可知A非假。

如果A非真非假,便有“A为假”为假,于是便有A为假,矛盾。

由反证法可知 A 并非非真非假。

综合以上三个子证明的结果便有,A 并非要么为真,要么为假,要么非真非假,矛盾。

由反证法可知该命题得证。证毕。

语句 A 如在其所有可能的语义下仅取一种真值,则称其为单值句,否则称其为多值句。显然,单义句都是单值句,而多义句则既可能是单值句也可能是多值句。事实上,不难举出这样的有歧义的语句,它在不同语义下取同一真值;也不难举出这样的有歧义的语句,它在不同语义下所取之真值不同。为此,就有必要证明

自我否定句真值定理　自我否定句均为多值句。

证明;

为证明该定理只消证明非真型和为假型自我否定句均为多值句。

先证非真型自我否定句均为多值句。

不妨假设该命题不成立。

此时便有,至少存在一非真型自我否定句 A 为单值句。

于是便有,A 要么在其任一语义下皆为真,要么在其任一语义下皆为假,要么在其任一语义下皆非真非假。

如果 A 在其任一语义下皆为真,则由“A 非真”与之同义可知,“A 非真”在其任一语义下亦皆为真。然而,“A 非真”之语义取决于 A 之语义,由于 A 在其任一语义下皆为真,故又有“A 非真”在其任一语义下皆为假,矛盾。

由反证法可知,A 并非在其任一语义下皆为真。

如果 A 在其任一语义下皆为假,则由“A 非真”与之同义可知,“A 非真”在其任一语义下亦皆为假。然而,“A 非真”之语义取决于 A 之语义,由于 A 在其任一语义下皆为假,故又有“A 非真”在其任一语义下皆为真,矛盾。

由反证法可知,A 并非在其任一语义下皆为假。

如果 A 在其任一语义下皆非真非假，则由“A 非真”与之同义可知，“A 非真”在其任一语义下亦皆非真非假。然而，“A 非真”之语义取决于 A 之语义，由于 A 在其任一语义下皆非真非假，故又有“A 非真”在其任一语义下皆为真，矛盾。

由反证法可知，A 并非在其任一语义下皆非真非假。

综合以上三个子证明的结果便有，A 并非要么在其任一语义下皆为真，要么在其任一语义下皆为假，要么在其任一语义下皆非真非假，矛盾。

由反证法可知该命题得证。

再证为假型自我否定句均为多值句。

不妨假设该命题不成立。

此时便有，至少存在一为假型自我否定句 A 为单值句。

于是便有，A 要么在其任一语义下皆为真，要么在其任一语义下皆为假，要么在其任一语义下皆非真非假。

如果 A 在其任一语义下皆为真，则由“A 为假”与之同义可知，“A 为假”在其任一语义下亦皆为真。然而，“A 为假”之语义取决于 A 之语义，由于 A 在其任一语义下皆为真，故又有“A 为假”在其任一语义下皆为假，矛盾。

由反证法可知，A 并非在其任一语义下皆为真。

如果 A 在其任一语义下皆为假，则由“A 为假”与之同义可知，“A 为假”在其任一语义下亦皆为假。然而，“A 为假”之语义取决于 A 之语义，由于 A 在其任一语义下皆为假，故又有“A 为假”在其任一语义下皆为真，矛盾。

由反证法可知，A 并非在其任一语义下皆为假。

如果 A 在其任一语义下皆非真非假，则由“A 为假”与之同义可知，“A 为假”在其任一语义下亦皆非真非假。然而，“A 为假”之语义取决于 A 之语义，由于 A 在其任一语义下皆非真非假，故又有“A 为假”在其任一语义下皆为假，矛盾。

由反证法可知，A并非在其任一语义下皆非真非假。

综合以上三个子证明的结果便有，A并非要么在其任一语义下皆为真，要么在其任一语义下皆为假，要么在其任一语义下皆非真非假，矛盾。

由反证法可知该命题得证。证毕。

由以上两定理可知，自我否定句均为多义多值句。

4. 自我否定句之语义与真值

我们虽已知自我否定句均为多义多值句，但对其语义之数目、内容及其在这些语义下取何真值仍未见其详，本节拟就此展开进一步讨论。

让我们先来考察非真型自我否定句。就任一非真型自我否定句A而言，均有“A非真”与A同义。由A出发，不断以“A非真”置换A，便可得到以下语句序列：

A，“A非真”，“‘A非真’非真”，……

由同义关系的性质可知，该语句序列中任意两个语句均为同义。换言之，这些语句之语义集为同一个语义集。容易看出，该语句系列中的任何一个语句亦均为非真型自我否定句。显然，如能确定A的一种语义，即可确定其每一个后续语句的一种语义，并且，这些语义还互不相同。由于所有这些语句之语义集全同，故所有这些语义均将为每一个语句，自然也为A所具有。

由于A与“A非真”同义，故欲确定A的一种语义只消确定“A非真”的一种语义。“A非真”显然可理解为是在断言一个语句非真，但该语句却是A，故依然需要确定A的一种语义，亦即“A非真”的一种语义……。此种分析过程可一直进行下去。由此可见，可将A理解为这样的语句，它是在断言一个语句非真，该语句又是在断言一个语句非真，而那个语句还是在断言一个语句非真，如此等等，以至无穷。显然，如此理解下的A语义并不完整，既无理

由言其为真，亦无理由言其为假，故其真值只能是非真非假。如借用克里普克(S. Kripke)的术语，也可以把它说成是“无根基的”。

显然，在 A 的这一语义下，A 的后续语句“A 非真”、“‘A 非真’非真”等等也将分别取得一个确定的语义。不难看出，它们在相应语义下的真值将依次为真与假的交替出现。

由于所有这些语义均为 A 所具有，故对 A 可作无穷多种理解：既可将其理解为上述那种永远也说不完的、语义不完整的语句，也可将其理解为断言上一种语句非真的语句、断言上一种语句非真的语句，如此等等，以至无穷。显然，A 在这一系列语义下的真值将依次为非真非假以及真与假的交替出现。

对为假性自我否定句亦可作同样分析。就任一为假型自我否定句 A 而言，均有“A 为假”与 A 同义。由 A 出发，不断以“A 为假”置换 A，便可得到以下语句序列：

A，“A 为假”，“‘A 为假’为假”，……

由同义关系的性质可知，该语句序列中任意两个语句均为同义。换言之，这些语句之语义集为同一个语义集。容易看出，该语句序列中的任何一个语句亦均为为假型自我否定句。

显然，如能确定 A 的一种语义，即可确定其每一个后续语句的一种语义，并且，这些语义还互不相同。由于所有这些语句之语义集全同，故所有这些语义均将为每一个语句，自然也为 A 所具有。

由于 A 与“A 为假”同义，故欲确定 A 的一种语义只消确定“A 为假”的一种语义。“A 为假”显然可理解为是在断言一个语句为假，但该语句却是 A，故依然需要确定 A 的一种语义，亦即确定“A 为假”的一种语义……。此种分析过程可一直进行下去。于是我们发现，可将 A 理解为这样的语句，它是在断言一个语句为假，该语句又是在断言一个语句为假，而那个语句还是在断言一个语句为假，如此等等，以至无穷。显然，如此理解下的语句 A 语义并不

完整，既无理由言其为真，亦无理由言其为假，故其真值只能是非真非假。显然。在A的这一语义下，A的后续语句“A为假”、“‘A为假’为假”等等也将分别取得一个确定的语义。不难看出，它们在相应语义下的真值将依次为假与真的交替出现。

由于所有这些语义均为A所具有，故对A可作无穷多种理解：既可将其理解为上述那种永远也说不完的、语义不完整的语句，也可将其理解为断言上一种语句为假的语句、断言上一种语句为假的语句，如此等等，以至无穷。显然，A在这一系列语义下的真值将依次为非真非假以及假与真（而不是真与假）的交替出现。

概括以上结果便有，任一自我否定句均有无穷多种语义，且在每种语义下均取唯一确定的真值。

附带提一下，由任一非真型自我否定句A出发，以“A非真”置换A，经无穷次置换即可得一无穷嵌套的语句——((((……)非真)非真)非真)。这个语句的特点是与言其非真的语句同形。两者既然同形自然也就同义，故该语句亦为非真型自我否定句。说这个无穷嵌套的非真型自我否定句具有一如上述的无穷多种语义是极易理解的，故可将其作为非真型自我否定句之语义分析模型。

类似地，由任一为假型自我否定句A出发，以“A为假”置换A，经无穷次置换即可得一无穷嵌套的语句——((((……)为假)为假)为假)。这个语句的特点是与言其为假的语句同形。既然两者同形自然也就同义，故该语句亦为为假型自我否定句。说这个无穷嵌套的为假型自我否定句具有一如上述的无穷多种语义是极易理解的，故可将其作为为假型自我否定句之语义分析模型。

5. 自我否定句在其任一语义下均非悖论

我们业已看到，自我否定句均为多义句且在每种语义下均取唯一确定之真值，由此不难推知，自我否定句在其任一语义下均非悖论。

证明：

为证明上述命题成立，只消证明，自我否定句在其任一语义下既非三值悖论亦非二值悖论。

先证自我否定句在其任一语义下均非三值悖论。

不妨假设该命题不成立。

此时便有，至少存在一自我否定句 A 在其一种语义 S 下是三值悖论，亦即由 A 在 S 下任取三种真值之一均可推出 A 在 S 下取另一真值。但由前述自我否定句之性质可知，A 在 S 下仅取唯一确定之真值，故断言 A 在 S 下取该真值之语句为真，而断言 A 在 S 下取其它真值之语句为假，于是便有，由 A 在 S 下取该真值不能推出 A 在 S 下取另一真值，矛盾。

由反证法可知该命题得证。

再证自我否定句在其任一语义下均非二值悖论。

不妨假设该命题不成立。

此时便有，至少存在一自我否定句 A 在其一种语义 S 下同时满足：A 在 S 下要么为真要么为假，并且由 A 在 S 下任取真假二值之一均可推出 A 在 S 下取另一真值。但由前述自我否定句之性质可知，A 在 S 下仅取唯一确定之真值，如果 A 在 S 下非真非假，则有 A 在 S 下并非要么为真要么为假，如果 A 取真假二值之一，则断言 A 在 S 下取该真值之语句为真，而断言 A 在 S 下取另一真值之语句为假，于是便有，由 A 在 S 下取该真值不能推出 A 在 S 下取另一真值。总之，A 在 S 下不可能同时满足：A 在 S 下要么为真要么为假，以及由 A 在 S 下任取真假二值之一均可推出 A 在 S 下取另一真值，矛盾。

由反证法可知该命题得证。证毕

6. 自我否定句为悖论之“证明”

尽管自我否定句在其任一语义下均非悖论，然而，对任一自我

否定句 A 而言，在 A 为单义句的预设下，却很容易证明其为悖论。具体说来就是；对任一非真型自我否定句 A 而言，在 A 为单义句的预设下，可证明其为三值悖论；对任一为假型自我否定句 A 而言，在 A 为单义句的预设下，可证明其为二值悖论。

显然，对任一非真型自我否定句 A 而言，设 A 为单义句，则以下证明成立：

如果 A 为真，则有 A，于是便有 A 非真；

如果 A 非真，则有 A，于是便有 A 为真；

故 A 为三值悖论。

而对任一为假型自我否定句 A 而言，设 A 为单义句，则以下证明成立：

如果 A 为真，则有 A，于是便有 A 为假；

如果 A 为假，则有 A，于是便有 A 为真；

故 A 为二值悖论。

实际上，在后一证明中还应补充证明 A 为命题，亦即 A 要么为真要么为假方为完整。不过，这也很容易做到。显然，在 A 为单义句之预设下，即有 A 取唯一之真值，故“A 为假”要么为真要么为假，于是便有，与之同义的 A 亦要么为真要么为假。

简言之，对任一非真型自我否定句 A 而言，A 为单义句乃是相应证明成立的充分条件，对任一为假型自我否定句 A 而言，A 为单义句亦为相应证明成立的充分条件。

现在的问题是，对任一非真型自我否定句 A 而言，若以 A 并非单义句为预设相应证明是否成立。显然，如 A 不是单义句便只能是多义句。此时，相应证明中的所有语句亦将因言及 A 取何真值以及 A 是否悖论而成为多义句，故而语义并不明确。语义明确乃是证明成立的起码要求，由此可见，在 A 并非单义句的预设下，相应证明并非成立。

如此说来，对任一非真型自我否定句 A 而言，A 为单义句不

仅是相应证明成立的充分条件，还是其必要条件。于是，我们有以下结论：

对任一非真型自我否定句 A 而言，当且仅当 A 为单义句，证明——

如果 A 为真，则有 A，于是便有 A 非真；

如果 A 非真，则有 A，于是便有 A 为真；

故 A 为（三值）悖论。

方能成立。

类似地，我们还可得出以下结论：

对任一为假型自我否定句 A 而言，当且仅当 A 为单义句，证明——

如果 A 为真，则有 A，于是便有 A 为假；

如果 A 为假，则有 A，于是便有 A 为真；

故 A 为（二值）悖论。

方能成立。

7. 典型“语义悖论”证明抉误

上节的两个结论分别适用于任一给定的非真型自我否定句和为假型自我否定句。将“本语句非真”、“非自状的’是非自状的”、“i 是理查德数”分别“代入”前一结论，而将“本语句为假”‘代入”后一结论便有：

对语句“本语句非真”而言，当且仅当其为单义句，证明——

如果“本语句非真”为真，则有本语句非真，于是便有“本语句非真”非真；

如果“本语句非真”非真，则有本语句非真，于是便有“本语句非真”为真；

故“本语句非真”为（三值）悖论。

方能成立。

对语句“非自状的’是非自状的”而言，当且仅当其为单义句，证明——

如果“非自状的’是非自状的”为真，则有“非自状的”是非自状的，于是便有“‘非自状的’是非自状的”非真；

如果“‘非自状的’是非自状的”非真，则有“非自状的”是非自状的，于是便有“‘非自状的’是非自状的”为真；

故“‘非自状的’是非自状的”为(三值)悖论。

方能成立。

对语句“i是理查德数”而言，当且仅当其为单义句，证明——

如果“i是理查德数”为真，则有i是理查德数，于是便有“i是理查德数”非真；

如果“i是理查德数”非真，则有i是理查德数，于是便有“i是理查德数”为真；

故“i是理查德数”为(三值)悖论。

方能成立。

对语句“本语句为假”而言，当且仅当其为单义句，证明——

如果“本语句为假”为真，则有本语句为假，于是便有“本语句为假”为假；

如果“本语句为假”为假，则有本语句为假，于是便有“本语句为假”为真；

故“本语句为假”为(二值)悖论。

方能成立。

不难看出，以上四个证明正是人们先前用以证明那四个语句是悖论的证明。由于那些语句和所有自我否定句一样根本不是单义句，所以，由以上结论即可推断，那些一直被视为无懈可击的证明实际上均不能成立。

不仅如此，由此还可进一步推断，如以那些证明为可以成立的证明，实际上只能意味着以所论语句为单义句。尽管人们在从事

上述证明时，并未明确作出此种断言，但的确是凭借直觉把所论语句作为单义句处理的。事实上，这些语句之所以被视为悖论实源于追问它们究竟取何真值（而不是在何语义下取何真值）。现在看来，这些问题本身无形中便预设了所论语句为单义句，从而在一开始就种下了祸根。这些证明把所论语句作为单义句处理实际上等于偷用了一个假预设——该语句为单义句。由此可见，这些证明本质上犯有同一个错误——施推理于多义句的错误，故而根本不合逻辑。

8.余　论

众所周知，“语义悖论”困扰人类理性已达两千年之久，迄今尚无定论。一如克林(S. C. Kleene)所言，至今尚无一人能够令人信服地明确指出悖论的推理中有任何错误从而消解悖论。现在看来，“语义悖论”之所以如此难以消解，可能是由于我们对语句的多样性尚缺乏足够的了解所致。逻辑学所关注的主要是单义句，特别是非真即假的单义句——命题，语言学虽研究语句的歧义性，却把注意力局限于仅有有限歧义的语句上，于是，具有无限歧义的多义句便一直处于语言－逻辑研究的视野之外，而一如本文所揭示的，典型的“语义悖论”却正是这种具有无限歧义的多义句。

从这个意义上说，“语义悖论”之消解不仅有助于巩固逻辑乃至人类理性之根基，还有助于开辟一个新的领域，而此前所有与“语义悖论”相关的重要结果亦将因此而承受新的检验。

（张铁声）

19 “语义悖论”之统一解

——作为多义句的“语义悖论”

1.引　言

20世纪50年代初，克林(S. C. Kleene)在总结此前半个世纪的“悖论”研究时不无遗憾地指出：“……问题至今悬而未决，没有任何一个答案能得到普遍的认可。”二十几年后，他在为新版《大英百科全书》撰写的有关条目中仍坚持这一“悲观”看法：“至今没有一个人能够使大家信服地明确指出悖论的推理中有任何错误，从而解除悖论。”[1]从那时起到现在，近二十年又过去了，克氏此论似乎依然没有过时，至少就“语义悖论”而言是如此。在“语义悖论”研究领域，最具影响力的有两派：以赫兹博格(H. G. Herzberger)为代表的“素朴语义学”派和以伯奇(T. Burge)为代表的“语境敏感”派。赫兹博格的主要结论是：日常语言并不足以固定每个语句的真值，有的语句的真值可以处于一种有规律的流动状态[2]。在他看来，人们也许永远也不可能解决悖论问题。赫兹博格坦言：“我并不认为‘素朴语义学’是企图解决或消除说谎者悖论。据我过去的一篇论文《老悖论新象》中的观点，要解除语义悖论的想法只是一个幻觉，这种幻觉的产生是由于误解了‘对角线方法’的能力。”[3]而人们所能做的只不过是回到素朴的二值化日常语言去寻找隐藏在悖论背后的“原理”。与赫兹博格的“语义悖论不可解

论”不同，伯奇试图为消解“语义悖论”另辟新径。他的解决方法之特点在于，通过引入语境因素，使“真”在不同的语境中具有不同的外延。以“本语句非真”为例，我们既可因它自相矛盾而断言它非真，又可因为这恰恰正是它所陈述的而断言它是真的。伯奇主张，这两个断言只是表面上矛盾而已，这是因为两者之中的“真”因其所在语境之不同而具有不同的外延。因此，只要给外延不同的“真”加注不同的下标，悖论即可消解。人们可以说，“本语句非真”是非真$_n$的，但又是真$_{n+1}$的[4]。由于“真”的下标所标注的实际上乃是不同的理由，所以“语境敏感”方案实际上等于默认“语义悖论”可以基于不同的理由而取得不同的真值。这与其说是在消解“语义悖论”，毋宁说更象是在论证其合理性。如此说来，“素朴语义学”方案和“语境敏感”方案迄今为止均未取得公认地位也就不足为怪了。

我们既不赞成赫兹博格放弃消解“语义悖论”的做法，也不赞成伯奇暗中与之妥协的做法，而主张通过深层的语义分析使之获得真正意义上的消解。本文提出，“语义悖论”之所谓“自相矛盾”，乃是由于我们将其误认作单义句所致。只要放弃这一先入为主的成见，还之以多义句的真面目，“语义悖论”便不复自相矛盾，从而获得彻底消解。

“语义悖论”原先主要包括“说谎者悖论”、“格雷林(Grelling)悖论”和“理查德(Richard)悖论”，后来又增添了一组以“本语句非真”为代表的所谓“强化的说谎者悖论”。由于针对“非强化的”“语义悖论”提出的各种解决方案在处理“强化的说谎者悖论”时统统会失效，甚或由此而引发出新的“悖论”，故而人们称“强化的说谎者悖论”为“语义学黑洞”。由此可见，欲彻底消解“语义悖论”还是从“强化的说谎者悖论”入手为宜，这也许有助于找到消解所有“语义悖论”的统一原理。

2. 作为多义句的“强化的说谎者悖论”

所谓“强化的说谎者悖论”实际上不是一个而是一组“悖论”，包括“本语句非真”、“本语句或假或是悖论”、“本语句或假或无根据”。本节只讨论具有代表性的“本语句非真”，其他“强化的说谎者悖论”完全可以本着同一原则予以消解，笔者已就此撰专文论述。

“本语句非真”（其中“本语句”系指“本语句非真”本身）之所以被视为“三值悖论”实际上是由一个十分简单的问题引起的。这个问题就是：该语句究竟是真的、假的还是非真非假的？由此即可引出以下推理：如果该语句为真，则该语句非真；如果该语句为假，则该语句为真；如果该语句非真非假，则该语句非真，由于这正是该语句所断言的，故又有该语句为真。总之，无论“本语句非真”取上述三种真值中的哪一种，都会导致自相矛盾，该语句由是而被称作“三值悖论”。

一如克林所言，还没有人能够指出上述推理有何错误。事实上，这并不足为怪，因为单就这些推理本身而言，的确难以发现错误。毛病出在，那个问题本身以及由之而引出的推理实际上有一个潜在的预设，而这个预设是错误的。这个预设就是：“本语句非真”是一个单义句。“本语句非真”要么为单义句要么为多义句。显然，当且仅当该语句为单义句时，我们方可直接就其取何真值发问，倘若该语句并非单义句而是多义句，问题的提法就应当是：该语句有几种语义，在每种语义下之真值为何？由此不难看出，原先那个问题的提法实际上业已隐含了该语句并非多义句而是单义句的预设。容易看出，由这个问题引出的推理也正是在这个预设下进行的。显然，只有在“本语句非真”为单义句的预设下，方有与之同义的“‘本语句非真’非真”与之逻辑等值。而在“本语句非真”为多义句的预设下，与之同义的“‘本语句非真’非真”亦为多义句，两

者虽共享一个语义集，但前者任取一个语义，后者均将取得一个恰恰与之相反的语义，故而两者只能取得不同之真值，而绝非逻辑等值。不难看出，在上述推理中，两者是被当作逻辑等值的，这意味着，该推理偷用了一个预设——“本语句非真”为单义句。我们很快就会看到，这乃是一个假预设。

如果对“本语句非真”中的“本语句”不加解释，那么该语句就相当于“语句 X 非真”，只不过是一个语句形式而已。然而我们已被告知，“本语句”确有所指，那就是语句“本语句非真”本身。正是这一点欺骗了我们的直觉，使我们误以为“本语句非真”将因此而变成一个语义确定的单义句。

令人遗憾的是，长期以来，竟然无人发现并进而怀疑这个预设，而只是在这个预设之下兜圈子。事实上，一旦意识到这一点，我们便可以化腐朽为神奇，利用那些悖理之论去证明该语句实际上根本不是单义句而是多义句。

证明：

不妨假设“本语句非真”为单义句。

显然，在此假设下我们有，该语句取且仅取三种真值之一，亦即该语句要么为真，要么为假，要么非真非假。

如果“本语句非真”为真，便有“本语句非真”非真，矛盾。

由反证法可知，“本语句非真”非真。

如果“本语句非真”为假，便有“本语句非真”为真，矛盾。

由反证法可知，“本语句非真”非假。

如果“本语句非真”非真非假，则有“本语句非真”非真，由于这正是“本语句非真”所陈述的，便有“本语句非真”为真，矛盾。

由反证法可知，“本语句非真”并非非真非假。

综合以上三个子证明的结果，便有“本语句非真”并非要么为真要么为假要么非真非假。这里又出现一个矛盾。

于是，由反证法即可证得，“本语句非真”并非单义句，亦即该

语句为多义句。证毕。

这个证明不禁令人联想起把“悖论”与证明联系在一起的两段议论。本奇在《数学谬误和悖论》一书中曾如此写道:“在数学中,你认为是悖论的,可能是一个证明。或者你当作是一个证明的,会引出悖论。有时往往不容易看清是悖论,还是证明。”哈特在《罗素和兰姆塞》一文中则断言:“要解决一个悖论,只有用归谬法把它变成一个证明,证明某种新奇的真理。”[5]现在我们看到,“本语句非真”不是单义句而是多义句就正是这种“新奇的真理”。

既然“本语句非真”为多义句,那么现在的问题就是:该语句究竟有几种语义,在每种语义下取何真值?

显然,在“本语句”指称“本语句非真”的解释下,“本语句非真”只不过是“‘本语句非真’非真”的“图省事的”(of laziness)的简略说法[6],而后者又只不过是(((本语句非真)非真)非真)的简略说法(由于我们只有双引号和单引号,故不得不以括号代替引号)。此种分析可一直进行下去,最后我们将会发现,语句“本语句非真”原来相当于一个无穷嵌套的表达式——((((……)非真)非真)非真)。应当强调的是,对这个表达式可作多种理解。一方面,我们可以无休止地由外至里逐层分析这个表达式,发现它在说某个表达式非真,而那个表达式又在说另一个表达式非真,如此等等,以至无穷,实际上永远也说不完,本质上乃是一个语义不完整的语句,这样的语句自无真假可言。另一方面,我们又可对它只作有穷步骤的分析,而把未加分析的里层子表达式视为上述那个语义不完整的语句。此时,该表达式就成了语义完整的语句。在这些语句中,包括断言该语义不完整的语句非真的语句、断言上一个语句非真的语句,如此等等,以至无穷。显然,该语句序列中诸语句之真值将为“真”与“假”之交替出现。

以上分析表明,“本语句非真”确为多义句,其语义可相当于上述语句中的任何一个。为简便计,我们将把那个语义不完整的语

句记作“本语句非真”(i=0),而把那个语义完整的语句序列中的第 n 个语句记作“本语句非真”(i=n)。前者的直观记法为:

〔(((……)非真)非真)非真〕

而后者的直观记法则为:

(……(〔(((……)非真)非真)非真〕$\underbrace{\text{非真})\cdots\cdots\text{非真})}_{n\text{个“非真”}}$

显然,我们有:

“本语句非真”(i=0)是非真非假的;

“本语句非真”(i=2n-1)是真的;

“本语句非真”(i=2n)是假的。

总之,语句“本语句非真”不但是一个多义句,而且还是个具有无穷多种语义的多义句,它在不同的语义下将分别取得一个完全确定的真值,根本就不是什么真值不确定的悖论。

由此可见,把“本语句非真”视为自相矛盾的“悖论”实源于一种误解,那就是该语句为单义句。只要消除这一误解,该语句即不复自相矛盾,根本谈不上是什么悖论。所谓“语义学黑洞”——“三值说谎者悖论”由是得以消解。

3. 作为多义句的“说谎者悖论”

我们业已看到,只要揭示“语义学黑洞”的多义句本质而不再视之为单义句,该语句即不复成其为悖论。我们当然有理由期待,其他“语义悖论”亦可本着同一原则予以消解。本节将首先处理“强化的说谎者悖论”的前身——“说谎者悖论”。

这里所谓的“说谎者悖论”系指语句“本语句为假”(其中,“本语句”系指“ 本语句为假”本身)。与“强化的说谎者悖论”不同,它被称为“悖论”(实即“二值悖论”)而不是“三值悖论”。这是由于,人们仅仅注意到,由其为真可推出其为假,而由其为假又可推出其为真。事实上,只要视之为单义句,由其非真非假亦可推出其为

假。设该语句非真非假，这意味着"'本语句为假'为假"为假，由于"本语句为假"与"'本语句为假'为假"同义，于是便有"本语句为假"为假。从这个意义上说，"说谎者悖论"不只是"二值悖论"，还是"三值悖论"。当然，其潜在的预设仍为该语句为单义句。用与上节同样的证法即可证得这个预设也是假的。

事实上，与"本语句非真"类似，"本语句为假"也相当于一个无穷嵌套的表达式，这个表达式就是：((((……)为假)为假)为假)。

对该表达式同样可作多种理解。一方面，可将其理解为一个永远也说不完的语义不完整的语句；另一方面，则可将其理解为无穷多个语义完整的语句中的任何一个，这些语句可构成如下语句序列：断言上述语义不完整的语句为假的语句，断言上一个语句为假的语句，如此等等，以至无穷。我们将沿用上一节的记法，将上述语义不完整的语句记作"本语句为假"(i=0)，而将上述语句序列中的第 n 个语句记作"本语句为假"(i=n)。

显然，我们有：

"本语句为假"(i=0)非真非假；

"本语句为假"(i=2n-1)为假；

"本语句为假"(i=2n)为真。

于是我们看到，"本语句为假"亦为多义句，并且在不同的语义下将分别取得一个完全确定的真值而绝不会陷入自相矛盾。由此可见，将其视为悖论(无论是"二值的"还是"三值的")实源于一个错误的预设，那就是该语句为单义句。"说谎者悖论"这个始于古希腊时代的一切"悖论"的"老祖宗"至此方获真正解决。

4. 作为多义句的"格雷林悖论"

所谓"格雷林悖论"系指语句"'非自状的'是非自状的"。

如将一形容词代入语句形式"'a'是 a"所生成的语句为真，我们就称该形容词是自状的；如将一形容词代入"'a'是 a"所生成的

语句非真,我们就称该形容词是非自状的。

现在的问题是,形容词"非自状的"本身是自状的还是非自状的?显然,这个问题可归结为:语句"'非自状的'是非自状的"是否为真?

在语句"'非自状的'是非自状的"为单义句的预设下,显然有,该语句要么为真要么非真。如果"'非自状的'是非自状的"为真,则"非自状的"是非自状的,依定义就有"'非自状的'是非自状的"非真;如果"'非自状的'是非自状的"非真,则依定义便有"非自状的"是非自状的,于是又有"'非自状的'是非自状的"为真。总之,无论"'非自状的'是非自状的"为真还是非真都会导致自相矛盾,该语句由是而被视为悖论。请注意,在上述推理中,"'非自状的'是非自状的"与(((非自状的)是非自状的)非真)被视为逻辑等值即出于该预设。因为依照定义仅能知道二者同义,却不能推断其语义唯一。

请注意,我们事先并没有证明该语句为单义句,因此,在此预设下所得出的结论仅在此预设下方能成立。换言之,我们现在实际上所能断言的只不过是:如果该语句为单义句则该语句为悖论。

倘若可以证明该语句为单义句,那么即可断言该语句确为悖论。但情况恰恰相反,正如第 2 节业已表明的,我们反倒可以利用上述那些悖理之论证明该语句根本不是什么单义句,而是多义句。

所以,我们绝不能依据此前那种偷用假预设的"证明"断定该语句确为悖论。显然,如果我们能够进一步表明,该语句在各种可能的语义下都将取得完全确定的真值而不会陷入自相矛盾,那么就可以断言,该语句在其任何一种语义下均非悖论。

实际上,依照定义,"'非自状的'是非自状的"只不过是"'非自状的'是非自状的"非真的另一种说法。换言之,该语句是在说自身非真。从这个意义上说,该语句与"本语句非真"而不是"本语句为假"更为类似。这自然令人想到,该语句并不是与后者同类的

"二值悖论"，而是与前者同类的"三值悖论"。显然，在假定其为单义句的情况下，我们有：如果该语句为真，则该语句非真；如果该语句为假，则有该语句非真为假，于是便有该语句为真；如果该语句非真非假，则有该语句非真，由于这正是该语句所陈述的，于是又有该语句为真。

该语句与"本语句非真"的类似性自然还令人想到，可否象处理前者那样，先求得其"展开式"，然后再以此为基础进一步揭示其语义。

依照定义，语句"'非自状的'是非自状的"乃是(((非自状的)是非自状的)非真)的简略说法，而后者又只不过是((((非自状的)是非自状的)非真)非真)的简略说法。此一分析过程理应一直进行下去，最后我们将会发现，语句"'非自状的'是非自状的"实际上相当于一个无穷嵌套的表达式，这个表达式就是：((((……)非真)非真)非真)。

令人惊异的是，该表达式居然与"本语句非真"所相当的那个表达式完全一样。不同的语句可以表示相同的内容，这本不足为怪，然而在这里，却是两个看上去截然不同甚或根本无关的语句相当于同一个表达式，这自然不能不令人惊讶。在该表达式中，这两个语句中原有的"本语句"和"非自状的"都消失了，它们的"个性"也因之而泯灭了。我们的直觉可能拒绝相信这个结果，然而，那毕竟是毋庸置疑的事实。

以上分析表明，语句"'非自状的'是非自状的"与"本语句非真"相当于同一个无穷嵌套的表达式。因此，该语句亦为多义句，可表示与后者相同的语义，并且在每一种语义下亦将取得同样的完全确定的真值，而绝不会陷人自相矛盾。

现在，我们可以断言，该语句绝非悖论。而我们先前之所以视之为悖论只不过是出于一种误解，即把该语句当成单义句了。

最后，让我们回到问题的出发点。的确，对于绝大多数形容词

而言,如将其代人语句形式"'a'是 a"即可得到一个单义句。由于这个单义句要么为真要么非真,所以据此便可判定该形容词是自状的还是非自状的。然而,至少对于形容词"非自状的"本身而言,情况并非如此。将"非自状的"代人"'a'是 a"所得到的语句不是单义句而是多义句,并且该多义句在不同的语义下既可以是真的,也可以是非真的(假的或非真非假的),这意味着,"非自状的"与大多数形容词不同,将其代人"'a'是 a"后所得到的语句并非要么为真要么非真。从这个意义上说,该判定规则或分类规则对"非自状的"失效,因而无从将其归入任何一类。由此也可看出,形容词可分为"自状的"和"非自状的"两类的旧有说法是不成立的。波尔和肖在其合著的《计算的实质:计算机科学导论》一书中曾设想,如果有一台专门用于判定形容词自状与否的图灵机 TM,那么它在处理形容词"非自状的"本身时就会由于反复应用定义而永不停机[7]。显然,我们不能把不停机的后果归咎于该图灵机,因为依照定义,"'非自状的'是非自状的"所代表的正是上述那个无穷嵌套的表达式。依照本节的结论,我们应当为该图灵机补充如下指令:若一语句 A 断言其本身非真,则打印"A 相当于多义句((((……)非真)非真)非真),该形容词不能分类。"该图灵机之停机问题由是即可获致圆满解决。

5. 作为多义句的"理查德悖论"

"理查德悖论"也与分类有关,不过它所涉及的是自然数的分类而不是形容词的分类。自然数的性质可以用能充作谓语的有限长语词串加以描述,这些语词串可按字典序排列从而各自获得一个自然数编号。于是,每个自然数就分别对应着一个能充作谓语的语词串。把任一自然数与与之对应的语词串相联结即构成一个语句,如果该语句为真,我们就说该自然数是"非理查德数",如果该语句非真,我们就说该自然数是"理查德数"。于是,自然数便可

分为两类:“非理查德数”与“理查德数”。由于“是理查德数”本身亦为描述自然数性质的能充作谓语的语词串,所以它也有一个编号 i。现在的问题是:i 本身属于哪一类数?

依照定义,这个问题的答案取决于“i 是理查德数”为真与否,如其为真,则 i 是非理查德数,如其非真则 i 就是理查德数。然而,当试图判定语句“i 是理查德数”是否为真时,我们却遇到了麻烦:如果“i 是理查德数”为真,则有 i 是理查德数,于是便有“i 是理查德数”非真;反过来,如果“i 是理查德数”非真,则有 i 是理查德数,于是又有“i 是理查德数”为真。

请注意,在该推理中,“i 是理查德数”与“‘i 是理查德数’非真”实际上已被视为逻辑等值,这同样也依赖一个预设,即“i 是理查德数”为单义句。显然,如果“i 是理查德数”确为单义句,则证明成立,该语句亦将因此而成其为名符其实的悖论。反之则该证明不能成立,其结论亦未必成立。一如此前曾经做过的,我们可以利用那些悖理之论去证明该语句根本就不是单义句。这表明,我们并不能由此断言,该语句确为悖论。正恰相反,要是我们能够指出,作为多义句的“i 是理查德数”在不同的语义下将取得完全确定的真值,根本就不会陷入自相矛盾,我们就完全可以断言:该语句在其任何语义下均非悖论。

事实上,依照定义,语句“i 是理查德数”只不过是“‘i 是理查德数’非真”的另一种说法。因此,它与“‘非自状的’是非自状的”以及“本语句非真”一样,都在断言自身不是真的。由此不难想到,该语句可能也属于“三值悖论”。果然,在该语句为单义句的预设下我们有:如果该语句为真,则该语句非真;如果该语句为假,则有该语句非真为假,于是便有该语句为真;如果该语句非真非假,则有该语句非真,由于这正是该语句所陈述的,于是又有该语句为真。

非但如此,我们还可象处理那两个“悖论”那样,求得该语句的“展开式”从而揭示其深层语义。如前所述,语句“i 是理查德数”只

不过是"'i是理查德数'非真"的另一种说法,而后者又只不过是(((i是理查德数)非真)非真)的另一种说法。最后我们将会看到,原来语句"i是理查德数"也相当于同一个无穷嵌套的表达式:((((……)非真)非真)非真)。

如此说来,"i是理查德数"乃是一个实际上已与"理查德数"毫无瓜葛的多义句,该多义句可分别理解为一个永远也说不完的、语义不完整的语句,一个断言该语句非真的语句,一个断言上一个语句非真的语句,如此等等,以至无穷。这些语句的真值将依次为:非真非假以及真与假的交替出现。总之,只要还"i是理查德数"以多义句之本来面目,它就将在不同的语义下分别取得一个完全确定的真值而绝不会陷入自相矛盾。

由此可见,语句"i是理查德数"根本就不是什么悖论,而它之被视为悖论只不过是出于一种误解,即该语句为单义句。

最后,再让我们回到问题的出发点。在那里我们被告知,自然数与与之对应的自然数性质描述语联结而成的语句要么是真的要么是非真的,并由此可被分为两类。现在看来,这个说法不是没有例外,至少对i而言如此。如上所述,"i是理查德数"并非要么为真要么非真,因此也就不能依据上述标准将i分类。

6.结 语

本文从消解"语义学黑洞"入手,试图为消解所有"语义悖论"找到一个统一的原理。这个原理就是:就任一"语义悖论"而言,那些使之成其为"悖论"的推理只不过是在一个错误的预设——该"语义悖论"为单义句的预设下进行的,因而整个证明不能成立,相应的结论亦不能成立。只要取消这个预设,还之以多义语的本来面目,它就将在不同语义下取得完全确定的真值,而不再陷入自相矛盾。"语义悖论"由是得以彻底消解。

事实上,恰恰是那些使这些语句成其为"悖论"的推理可以反

过来用以证明，它们并不是单义句而是多义句。

这些“语义悖论”尽管表面上差异很大，却具有一个共同的特征，那就是它们只不过是一个言其自身非真或为假的语句。正是这个特征使之本质上相当于一个以“非真”或“为假”为谓词的无穷嵌套的表达式，并因后者解释的多样性而成为多义句。

然而，这些“语义悖论”表面上看上去却象是单义句。只要为这一假象所迷惑，所谓“自相矛盾”便无可避免。这是因为，这个假预设与上述特征加在一起便决定了这些“语义悖论”与断言其为非真或为假的另一个语句逻辑等值，加之这些语句和断言其为真的语句可相互推出，于是便有：断言这些语句为真的语句与断言其为非真或为假的语句可相互推出。这就是所谓“奇异的循环”的全部秘密所在。幸好，正如本文所揭示的，这种循环只能在一个虚假的预设下发生。只要破此迷关，我们便会愕然发现，原来折磨人类千百年之久的“语义悖论”只不过是一个幻影。

悖论之所以令人难以容忍，是由于它的存在将会动摇逻辑乃至人类理性的根基。也许正因为如此，希尔伯特(D. Hilbert)才在《论无限》一文中如此写道：“必须承认，在这些悖论面前，我们目前所处的情况是不能长期忍受下去的。”但愿所谓“语义悖论”只不过是逻辑和逻辑哲学的一场噩梦！

(张铁声)

注　释

[1]转引自杨熙龄著《悖论文献访求漫记》，载于《国外社会科学》1984年第12期，转载于复印报刊资料《逻辑》1985年第1期。

[2]参见张建军著《回归自然语言的语义学悖论——当代西方逻辑悖论研究主潮探析》，载于《哲学研究》1997年第5期。

[3]同[1]。

[4]同[2]。

[5]转引自杨熙龄著《奇异的循环——逻辑悖论探析》，辽宁人民出版社，1986

年版,第 40 页。

[6]奇希(Peter Geach)在《所指与概括》中称特定用法的"it"为"图省事的代词"(pronoun of laziness),这种用法之作用在于省得把已提及的名词词组再重复一遍。事实上,"图省事的"做法并非仅见于代词。参见徐烈炯著《语义学》,语文出版社,1990 年版,第 222 页。

[7]同[1]

20 典型“语义悖论”之多义句本质

1.引　言

本文为拙著《悖论非存在说》一文之补正[1]。该文是几年前发表的,此后笔者一直没有停止思考这个问题,并取得了一些新的进展。其主要内容可概括为以下三点:

(1)由悖论非存在定理之引理可导出一重要推论:一语句A若满足A和非A可(借助正确的推理形式)相互推出,则A要么是非真非假的单义句,要么是多义句(亦即语言学中所谓的有歧义的语句)。

(2)典型“语义悖论”并不像克里普克(S. Kripke)以及笔者本人先前所认为的那样是非真非假的单义句,而是多义句。

(3)典型“语义悖论”的推理均犯有施推理于多义句的错误,纯属逻辑之误用,根本不合逻辑。

总而言之,悖论非存在定理依然是成立的,只是有必要对典型“语义悖论”的本质作出有别于克里普克的解释。下面让我们就以上诸点逐一加以讨论。

2.悖论非存在定理之引理的推论

在《悖论非存在说》一文中,我们所使用的悖论定义为:

语句A是悖论,当且仅当:

(1)A是命题;

(2)A 和非 A 可(借助正确的推理形式)相互推出。

在该文中,我们证明了如下

引理 如果语句 A 和非 A 可(借助正确的推理形式)相互推出,则 A 不是命题。

不难看出,借助此一引理极易证明悖论非存在定理。

进一步的思考表明,由上述引理还可导出如下

推论 一语句 A 若满足 A 和非 A 可(借助正确的推理形式)相互推出,则 A 要么是非真非假的单义句,要么是多义句。

我们知道,逻辑学中所谓的"命题"系指"具有真假意义的语句"[2],更确切地说,系指具有一个明确的含义且此一含义要么为真要么为假的语句,简言之,亦即要么为真要么为假的单义句。另一方面,我们又知道,语句可分为单义句和多义句,单义句又可进一步分为要么为真要么为假的单义句以及非真非假的单义句。上述引理断言,一语句 A 若满足 A 和非 A 可借助正确的推理形式相互推出则 A 不是命题,实际上也就等于否定了 A 是要么为真要么为假的单义句,这显然意味着,A 只能要么是非真非假的单义句要么是多义句,二者必居其一。

现在仍被视为"悖论"的语句实际上均满足其本身及其否定可以借助正确的推理形式相互推出(这也正是其惑人之处),故由上述推论可知,这些"悖论"既可能是非真非假的单义句,又可能是多义句,而不像克里普克以及笔者本人先前所认为的那样只能是非真非假的单义句。这就为判定"悖论"的真正归属以及消解"悖论"开辟了新的思路——我们不仅可以通过证明一个"悖论"是非真非假的单义句来消解它,还可以通过证明一个"悖论"是多义句来消解它。

3. 克里普克理论之自相矛盾

所谓典型"语义悖论"包括"说谎者悖论"("本语句为假")、"强

化的说谎者悖论"("本语句非真")、"格雷林悖论"("'非自状的'是非自状的")、"理查德悖论"("i是理查德数",在这里i系指"是理查德数"这个自然数性质描述语的字典序编号)等。

在克里普克看来[3][1],"说谎者悖论"谈不上真假,根本不具有真值(真、假二值),只能说是"无根基的"。非但如此,他还将这个结论推广到了所有含有"真"概念的"悖论",所有的典型"语义悖论"自然尽在其中。笔者以前完全赞同克里普克的学说,这主要反映在《悖论非存在说》一文的后半部分。然而,经过长时间的反思,笔者终于意识到,克里普克的学说实际上潜含着不可克服的内在矛盾,必须予以扬弃。

首先,把"本语句为假"说成是"无根基的"亦即并无真值的单义句必然会导致自相矛盾。因为这实际上意味着,"本语句为假"是非真非假的,故而便有,言其自身为假的"本语句为假"是假的,于是又有,言其自身为假的"本语句为假"是真的,这就重新回到了原先的"怪圈"。

其次,把"本语句非真"说成是"无根基的"亦即并无真值的单义句也会导致自相矛盾。因为这意味着,"本语句非真"是非真非假的,故而便有,言其自身非真的"本语句非真"是真的,于是又有,言其自身非真的"本语句非真"不是真的,这同样也回到了原先的"怪圈"。

类似地,就"格雷林悖论"和"理查德悖论"等典型"语义悖论"而言亦复如是。

4. 典型"语义悖论"实为多义句

依照第2节给出的推论,我们有,典型"语义悖论"要么是非真非假的单义句要么是多义句,由第3节的讨论又可看出,它们根本不可能是非真非假的单义句(因为这将无可避免地陷入矛盾),因而,唯一正确的结论只能是,典型"语义悖论"均为多义句。

事实上，我们不但能够证明此一结论，还能从语义分析的角度对此作出合理的解释。现在让我们就几个典型“语义悖论”分别加以讨论。

A. “说谎者悖论”

首先让我们证明，“本语句为假”为多义句。

证明：

不妨假设“本语句为假”为单义句。

此时便有，该语句要么为真要么为假要么非真非假。（请注意，在上述假设下，任一断言该语句取某一真值的语句都是命题，故为正当的推理对象。）

如果该语句为真，则有该语句为假，矛盾。

由反证法知，该语句非真。

如果该语句为假，则有该语句为真，矛盾。

由反证法知，该语句非假。

如果该语句非真非假，则有该语句为假，矛盾。

由反证法知，该语句并非非真非假。

综合以上三个子证明的结果便有，该语句既不是真的，也不是假的，又不是非真非假的，矛盾，证毕。

现在再让我们从语义分析的角度对此作出解释。

“本语句为假”这个乍看上去简单至极的语句竟然会是多义句吗？是的，非但如此，它还具有无穷多种含义，且在每种含义下均取唯一确定的真值。

试分析“本语句为假”这个句子。由于该语句中的“本语句”系指该语句本身，所以，该语句只不过是“‘本语句为假’为假”的简略形式。此种分析可一直进行下去，最后，我们将会发现，该语句只不过是如下这个无穷嵌套的语句的简略形式：

(((……)为假)为假)为假

两者虽形式有异而语义并无不同，故而我们只消揭示后者的多义句本质即可。

显然，我们可将这个无穷嵌套的语句作如下理解，即它是在说一个语句为假，那个语句又在说一个语句为假，如此等等，以至无穷。此时，它实际上便成了一个永远也说不完的、语义不完整的语句，显然，在此含义下它只能是非真非假的。如此说来，克里普克称“本语句为假”为“无根基的”也不是事出无因。然而请注意，由于这个无穷嵌套的语句的任意一层子语句均与之完全相同，所以，我们同样可以把这个无穷嵌套的语句理解为是在断言上述含义下的无穷嵌套的语句为假，或者理解为是在断言上一种含义下的语句为假，如此等等，以至无穷。显然，该无穷嵌套的语句在这一系列含义下的真值将依次为假与真的交替出现。由此可见，这个无穷嵌套的语句的确具有无穷多种含义，且在每种含义下均取唯一确定的真值(此处指真、假、非真非假三值)。由于“本语句为假”与之形异而义同，故此一结论对该语句自然也是成立的。

B.“强化的说谎者悖论”

该“悖论”系指“本语句非真”。“本语句非真”与“本语句为假”颇为类似，我们完全可以套用处理“本语句为假”的办法来证明该语句为多义句。

证明：

不妨假设该语句为单义句。

此时便有，该语句要么为真要么非真。

如果该语句为真，则有该语句非真，矛盾。

由反证法知，该语句非真。

如果该语句非真，则有该语句为真，矛盾。

由反证法知，该语句并非非真。

综合以上两个子证明的结果便有，该语句既不是真的也不是非真的，矛盾，证毕。

类似地,“本语句非真”实际上与下面这个无穷嵌套的语句形异而义同:

(((……)非真)非真)非真

对这个无穷嵌套的语句同样可作无穷多种理解。一方面,我们可以把它理解成陷于“恶的无限”的语义不完整语句,另一方面,我们又可把它理解为是在断言上述含义下的语句非真的语句,如此等等,以至无穷。显然,它在这一系列含义下的真值将依次为非真非假以及真与假(而不是假与真)的交替出现。由此不难看出,“本语句非真”的确为具有无穷多种含义的多义句,且在每种含义下均取唯一确定的真值。

C.“格雷林悖论”

将一形容词代入“‘a’是 a”这个模式,如由此生成的语句为真则称该形容词为“自状的”,否则就称该形容词为“非自状的”。现在考虑“非自状的”本身究竟属于何种情况,由此即有:

如果“非自状的”是自状的,则有“‘非自状的’是非自状的”为真,于是便有“非自状的”是非自状的;

如果“非自状的”是非自状的,则有“‘非自状的’是非自状的”为真,于是又有“非自状的”是自状的。

这实际上意味着,“‘非自状的’是非自状的”及其否定可借助正确的推理形式相互推出,该语句因而被视为悖论。

不难证明,该语句亦为多义句。

证明:

不妨假设该语句为单义句。

此时便有,该语句要么为真要么非真。

如果该语句为真,则有“非自状的”是非自状的,于是便有该语句非真,矛盾。

由反证法知,该语句非真。

如果该语句非真,则有"非自状的"是非自状的,于是又有该语句为真,矛盾。

由反证法知,该语句并非非真。

综合以上两个子证明的结果便有,该语句既不是真的也不是非真的,矛盾,证毕。

现在再让我们分析一下该语句的含义。

依照定义,"'非自状的'是非自状的"同义于

"'非自状的'是非自状的"非真

此种分析可一直进行下去,最后我们便会愕然发现,该语句居然同义于如下无穷嵌套的语句:

(((……)非真)非真)非真

也就是说,该语句居然同义于"强化的说谎者悖论"。如前所述,这个无穷嵌套的语句具有无穷多种含义,故而"'非自状的'是非自状的"亦当如是。

D."理查德悖论"

将自然数的性质描述语(如"是偶数"、"是素数"、"是理查德数"等)按字典序排列,从而使之分别获得一自然数编号。一自然数是理查德数,当且仅当该自然数与其所对应的性质描述语组成的语句非真。令"是理查德数"之自然数编号为 i,便有以下推理:

如果 i 是理查德数,则有"i 是理查德数"非真,于是便有 i 不是理查德数;

如果 i 不是理查德数,则有"i 是理查德数"为真,于是又有 i 是理查德数。

现在让我们证明"i是理查德数"为多义句。

证明:

不妨假设"i是理查德数"为单义句。

此时便有该语句要么为真要么非真。

如果该语句为真,则有i是理查德数,于是又有该语句非真,矛盾。

由反证法知,该语句非真。

如果该语句非真,则有i是理查德数,于是又有该语句为真,矛盾。

由反证法知,该语句并非非真。

综合以上两个子证明的结果便有,该语句既不是真的又不是非真的,矛盾,证毕。

分析表明,该语句确为多义句。事实上,依照定义,"i是理查德数"只不过是"'i是理查德数'非真"的简略说法,两者形异而义同,此种分析可一直进行下去,最后我们将会发现,"i是理查德数"原来同义于下面这个无穷嵌套的语句:

(((……)非真)非真)非真

如此说来,"理查德悖论"居然同义于"格雷林悖论"和"强化的说谎者悖论"。如前所述,这个无穷嵌套的语句乃是多义句,故而"i是理查德数"亦复如是。

E."强化的说谎者悖论"的两个变种

在这里,我们还想附带提一下"强化的说谎者悖论"的两个变种,它们是:

本语句或者是假的或者是无根基的。

本语句或者是假的或者是悖论性的。

关于前者有如下推理：

如果该语句是真的，它就是假的或者无根基的；

如果该语句是假的或者无根基的，它又是真的。

关于后者则有如下推理：

如果该语句是真的，它就是假的或者悖论性的；

如果该语句是假的或者悖论性的，它又是真的。

前者显然会使克里普克以“无根基”为核心概念的理论陷于困境。这两个“悖论”被视为最难消解的悖论，故有“语义学黑洞”之称。

事实上，我们很容易以前述方式证明，它们也不是单义句而是多义句。这两个语句实际上分别同义于如下无穷嵌套的语句：

((……)或者是假的或者是无根基的)或者是假的或者是无根基的

((……)或者是假的或者是悖论性的)或者是假的或者是悖论性的

不难看出，前者有无穷多种含义且在其一系列含义下的真值分别为非真非假以及真与假的交替出现，后者亦有无穷多种含义且在其一系列含义下的真值分别为非真非假以及假与真的交替出现。

5. 典型“语义悖论”之推理为逻辑之误用

如前所述，典型“语义悖论”均为多义句，根本就不是什么命题，仅此一端即可否定其为悖论，从而消解之。尽管此一结果足以令人满意，我们还是必须进而考察这些“悖论”的推理是否合乎逻辑。

正如此前业已提到的，这些语句及其否定是可以借助正确的

推理形式相互推出的，这极易造成这些推理合乎逻辑的印象，实则不然。我们知道，逻辑就其本质而言乃是基于语义的，而所谓正确的推理形式之适用范围并不包括语义未定之多义句，这也正是各类逻辑都力图排除歧义性之根本原因所在。由此可见，将正确的推理形式施于多义句实际上超越了其适用范围，纯属逻辑之误用。显然，就多义句之推理而言，正确的做法只能是，先行确定其真实含义或区分其不同之含义，然后再施推理于或分别施推理于表达这个或这些含义的单义句。

既然典型"语义悖论"为多义句，其否定自然亦为多义句，故而两者之间之互推即便借助的是正确的推理形式也犯有施推理于多义句的致命错误，纯属逻辑之误用，根本不合逻辑。

6.结　语

总而言之，悖论非存在定理是成立的，但典型"语义悖论"之消解则远非克里普克之理论所能胜任。一如本文所表明的，典型"语义悖论"均为多义句而非单义句，因此绝不能被简单地说成是"无根基的"。事实上，这种说法根本无助于消解这些"悖论"，而唯有通过揭示其多义句本质方能使之真正归于消解。

最后，有必要强调指出，就典型"语义悖论"而言，本文给出的消解方法乃是统一的和非特设性的，这也正是人们长期以来梦寐以求的。

（张铁声）

参考文献

[1]张铁声.悖论非存在说(J).晋阳学刊 1997(2).

[2]逻辑学辞典编辑委员会.逻辑学辞典〔Z〕.长春：吉林人民出版社，1983.476.

[3]涂纪亮.分析哲学及其在美国的发展〔M〕.北京：中国社会科学出版社，1987.775－780.

21 "典型语义悖论"之推理不合逻辑

——答黄展骥先生

香港著名悖论研究家黄展骥先生不久前来函，说他与我再度商榷的文章即将发表于《社会科学辑刊》1998年第4期，嘱我为文作答，以使"真理愈辩愈明"。此前黄先生就我的《悖论非存在说》[1]发表过《"悖论"未被消解前是存在的——略评张铁声的"悖论非存在说"》[2]，我曾答之以《悖论的定义及其非存在性——兼答黄展骥先生》[3]。黄先生此次发表的文章仍主要针对我的前一篇文章，不过，其中有些批评对我的后一篇文章也同样适用。本文即为答复黄先生之再度商榷而作。

黄先生的批评主要集中于我给出的悖论定义以及由之引出的悖论不存在的结论。我们知道，黄先生有一个非常独特的悖论定义——"挑战(违背)常识的'大'理"，为此，他反对所有严格的悖论定义，其中包括《辞海》等权威性工具书给出的定义，指责它们过于狭窄[4]。我先前给出的悖论定义实源于《辞海》和《中国大百科全书》给出的严格的悖论定义[5]，而我后来给出的新定义虽在旧定义的基础上作了扩充，把"三值悖论"也"包容"进来，却仍然达不到黄先生试图把所有曾被称作"悖论"的东西都"包容"进去的"高标准"要求[6]，所以，黄先生反对我的悖论定义本不足为怪。由于所持悖论定义不同，黄先生与我在悖论的存在性这个问题上自然也就出现了分歧。我的结论是悖论不存在，而黄先生的结论则是悖

论在被消解之前存在，此后才不复存在。黄先生明确指出，我们在这个问题上的分歧实源于所持悖论定义有异，对此我深表赞同。由此自然令人想到，我们完全可以基于此种共识，暂时搁置关于悖论之定义及其存在性的争论，以超越字面上的皮相之争，在更深的层面上进行实质性的对话。毫无疑问，这种对话的一个最重要的题目应当是“悖论”之消解。

事实上，在消解“悖论”这个问题上，黄先生与我亦不乏共同之点：

其一，我们都主张并且都致力于消解“悖论”。差异仅仅在于，我试图一般地证明，凡是“悖论”皆可被消解，而黄先生则主张逐一消解之后再作结论。尽管如此，消解每一个“悖论”无疑是我们的共同目标。

其二，我们都主张，就“语义悖论”之消解而言，宜着眼于语义，或者更确切地说，应从语义分析入手。黄先生曾强调指出，必须严格区分“意义”的两种含义，“‘意义’一词有‘语义’和‘价值、目的、功能’两种解释；语义先于真、假、常真、矛盾。”[7]对此我深表赞同。事实上，我在发表第一篇文章之后也意识到了这一点，并且已经这样做了[8]。附带提一下，美国著名悖论研究家伯奇也曾指出：“一种有关语义悖论的理论，应着重研究语义概念。”[9]

不过，应当强调的是，尽管我们都试图通过语义分析消解“语义悖论”，所得到的结果却截然不同。下面就让我们以黄先生提到的“悖论之冠”以及与之密切相关的“语义学黑洞”为例试说明之。

所谓“悖论之冠”系指严格的“说谎者悖论”——“本语句为假”(甲)(其中“本语句”系指该语句本身)。由于它被公认为是最难消解的悖论，故有“悖论之冠”之称。

甲之所以被视为悖论，乃是由于人们认为：

(1) 关于甲的如下推理并无错误：如果甲为真，则有甲为假；如果甲为假，则有甲为真。

(2) 甲要么为真要么为假。

请注意,如果(1)、(2)同时成立,即可否证演绎之可靠性,这也正是甲的"悖理"之处。

由此可见,只要否定(1)或者(2)即可消解此"悖论"。

美国著名逻辑学家克里普克提出的消解方案实际上否定的是(2)。他指出,对甲的真值分析将永无终止,因而,甲实质上是"无根基的"。这自然也就意味着,它是既非真亦非假的。

黄先生目前仍赞成克氏的方案(我本人以前也是如此),非但如此,他还另外 提出一个方案[10],这个方案 否定的是(1)。黄先生断言,那个导致恶性循环的推理犯有"复合命题谬误"。

黄先生就此论证道:"甲当然是在肯定它自身,但是,同时我们又从甲的含义析出'非甲'。所以,表面上甲是'孤单单'的一个单句,但是,实质上却是'自我否定指涉'的复合句:'甲而且非甲'(乙)。我们很容易看到乙是矛盾句,自然能推出任何句,包括'非乙'。但是,当我们假设乙假时,它便成为恒真句:'非甲,或者甲'。从它,除了恒真句之外,推不出任何句。这样,矛盾没有被证,悖论消解了。先前的'矛盾被证',跟'失踪钻戒'一样,犯了'复合命题'谬误。"[11]

在我们看来,无论克氏方案还是黄氏方案都站不住脚,并不能真正消解这个"悖论"。为了说明这一点,我们只消指出,它们均将导致自相矛盾便可。

依照克氏的说法,甲便是非真非假的。由此即有,"甲为假"为假,然而,由于这正是甲之所言,故又有甲为真,矛盾。

依照黄氏的说法,甲本质上乃是恒假的复合句。甲是否复合句姑且不论,单从甲是恒假的,便可推知甲是假的,由于这恰是甲之所言,故仍有甲为真,矛盾。

与上述两方案不同,我们的方案既否定(1)也否定(2)。

该方案依赖于以下事实:甲为多义句,具有无穷多种语义,且

在每种语义下均取唯一确定之真值。

让我们就以上几点简略说明如下：

甲为多义句并不难证明，只是不容易想到而已。不妨假设甲为单义句，此时便有，甲要么为真要么为假要么非真非假。然而，正如我们业已看到的，无论把甲说成是真的、假的、还是非真非假的，都会导致矛盾，故由反证法易知，甲既不是真的，也不是假的，又不是非真非假的，这便引出了新的矛盾。再由反证法即可证得，甲不是单义句，而是多义句。

那末，甲究竟有哪些语义呢？由于将"本语句为假"代入甲中的"本语句"所得到之语句仍与之同义，并且这种代入可以一直进行下去，所以，甲实际上相当于一个无穷嵌套的表达式(其中的括号应理解为引号)：

(((……)为假)为假)为假

对这个表达式可作无穷多种理解，既可把它理解为一个永远也说不完的、语义不完整的语句(大致相当于克氏所谓"无根基的语句")，也可把它理解为断言上述那种语义不完整的语句为假的语句、断言上一个语句为假的语句，如此等等，以至无穷。显然，甲在这一系列语义下的真值将依次为非真非假、假、真、假、真……。由上述结果易知，甲在其任何一种语义下都不是什么悖论。这是因为，由甲在其任一语义下取与之对应的真值(此为真命题)都推不出甲在同一语义下取另一真值(此为假命题)。

由以上事实很容易推知，(1)和(2)均不成立，从而使这个"悖论"获致彻底之消解。

首先，"如果甲为真，则有甲为假；如果甲为假，则有甲为真"这个表面上无懈可击的推理实际上并非没有错误，而是犯有误用逻辑的错误，更确切地说，是犯有施正确之推理规则于错误的对象

——语义未定之多义句的错误。我们知道，尽管推理非假助语句不可，然而，推理之对象本质上却并非语句本身，而是为语句所确定之语义。所以，我们可以施推理于语义唯一之单义句以及语义业已确定之多义句，却不应施推理于语义未曾确定之多义句，此种做法实乃逻辑之误用。请注意，由于甲为多义句，"甲为真"、"甲为假"亦便成了多义句，而上述推理却正是在未曾确定甲之语义，亦即未曾确定"甲为真"、"甲为假"之语义的情况下施推理于其上的，这显然是误用了逻辑。长期以来，人们一直迷惑于该推理中所用推理规则之正确，却完全忽视了其推理对象是否正确，这也正是这个"悖论"之所以如此难以消解的原因所在。

其次，(2)也是不能成立的。(2)是说，甲要么为真要么为假，其意实为，甲就其唯一的语义而言要么为真要么为假。以上分析表明，这一点显然不能成立，因为甲根本就没有什么唯一的语义。

如前所述，只消证明(1)和(2)中有一个不成立，即可消解该"悖论"。现在，我们同时否定了(1)和(2)，所谓"悖论之冠"由是即获彻底之消解。

接下来，让我们简略讨论一下"语义学黑洞"之消解。所谓"语义学黑洞"系指"本语句非真"(丙)。这个语句之所以被称为"三值悖论"，乃是由于人们看不出下述推理有什么错误：如果丙为真，则有丙非真；如果丙非真，则有丙为真。请注意，非真的既可以是假的也可以是非真非假的，此即"三值悖论"这一名称的由来。由于该"悖论"似乎能使一切消解方案统归无效，化为"乌有"，故又有"语义学黑洞"之喻。

克氏方案无法消解该悖论，此理甚明。黄先生则认为，他的方案能够做到这一点。在他看来，这个"悖论"的推理也犯有"复合命题谬误"。他论证道，丙如同甲一样，实质上并不是简单句，而是复合句，并且是矛盾句"丙而且非丙"。于是，当我们设"丙而且非丙"非真时，它等值于"非丙或丙"，是常真句，它除了常真句外，推不出

任何句，这样便证明不了丙真，该“悖论”由是得以消解。

姑且不论丙是不是复合句，单从丙为矛盾句便可推知丙为假，然而丙之所言恰为丙不是真的，于是又有丙为真，矛盾。这便动摇了黄氏方案的根基。

我们业已表明，丙如同甲一样亦为多义句，具有无穷多种语义，且在每种语义下均取唯一确定的真值。丙实际上相当于下面这个无穷嵌套的表达式：

(((……)非真)非真)非真

显然，我们既可把它理解为一个永远也说不完的、语义不完整的语句，又可将其理解为断言上述语义不完整的语句非真的语句、断言上一个语句非真的语句，如此等等，以至无穷。而丙在这一系列语义下的真值则依次为：非真非假、真、假、真、假……。

由此可见，该“悖论”的推理也误用了逻辑，犯有施推理于语义未定之多义句的错误。看来，“语义学黑洞”不象物理学黑洞那么可怕，它并不能将一切消解方案统统吸入“空无”。研究表明[12]，与“悖论之冠”和“语义学黑洞”一样，其它“典型语义悖论”(包括“格雷林悖论”、“理查德悖论”以及另外两个“三值悖论”——“本语句或者为假或者无根基”、“本语句或者为假或者为悖论”)之推理亦误用了逻辑，犯有施推理于语义未定之多义句的错误，故可以同一方式予以消解。

总而言之，如果本项研究的确成立，便可为所有“典型语义悖论”找到一个非特设性的统一解。

当此纯学术研究备受冷落之际，黄先生以其犀利之目光审视我的工作，并予以极为严格之批评，不能不令人感佩。愿我们之间的对话继续下去，不断存异求同，力求达成最终之共识。

（张铁声）

注 释

[1][5]载于《晋阳学刊》1997 年第 2 期。

[2][7]载于《晋阳学刊》1998 年第 1 期。

[3][6][8]载于《晋阳学刊》1998 年第 2 期。

[4]见黄展骥之《从"初始"到"再再强化"的说谎者——兼论"严格"的悖论定义》,收入张建军、黄展骥合著之《矛盾与悖论新论》,河北教育出版社 1998 年版。

[9]见张建军摘译之《T. 伯奇论强化的说谎者悖论》,同上书。

[10][11]见黄展骥之《矛盾、语义与自我指涉》,同上书。

[12]参见张铁声之《一类"语义悖论"之消解》,《山西师大学报》1998 年第 3 期。

22 塔斯基真理论中的几个疑点

1.引　言

塔斯基形式语言真理论与哥德尔不完全性定理、图灵机及其判定问题被誉为现代逻辑三大成果，享有至高之学术地位。尽管塔斯基的理论主要是以形式语言的“真”概念为研究对象的，但作为一种必要的理论准备，还涉及到了一般语言的“真”概念问题。这一部分内容不但是其整个理论的基础，还具有独立的理论意义，其重要性自不待言。引人注目的是，在这部分内容中，有一个承上启下的重要结论，那就是，在类似自然语言的语义上封闭的语言中，语义悖论(至少是说谎者悖论)乃是无可避免的，这显然与语义悖论研究的新结果(包括“说谎者悖论”在内的典型“语义悖论”均非真正意义上的悖论)相冲突[1]，如此说来，重新审视这部分内容无疑是十分必要的。

2.“语句”何所指?

在正式开始讨论之前，我们必须首先澄清，塔斯基所谓的“语句”究竟何所指。这是因为，他所谓的“真”乃是就语句而言的。塔斯基指出，谓词“真的”不止一种用法，有时用于作为心理现象的判断或信念，有时用于作为物理客体的语句，有时用于作为观念实体的“命题”，然而，“因为若干原因，把‘真的’这个词项用于语句是最方便妥当的，下面我们将沿着这条思路走。”[2]塔斯基之所以不赞

成把“真的”用于命题，乃是由于“命题”的含义含混不清。“至于‘命题’这个词项，众所周知它是各种哲学家和逻辑学家冗长的争论的一个主题，而且这些争论似乎从来也没有使得它的意义清楚起来。”既然在塔斯基的理论中，“真的”乃是就语句而不是别的什么东西而言的，澄清“语句”何所指就显得尤为重要。然而，他却仅用一句话作了十分简单的解释：“在这里我们所理解的‘语句’也就是语法中通常所意谓的‘陈述句’”。

涅尔夫妇就此批评道，把“真的”用于一切语句（陈述句）都妥当的说法不能成立。这是因为，就含义依赖于语境的语句（例如“我饿了”）而言，其本身根本谈不上真假，只是在特定语境中用作命题时才有真假，把“真的”用于此类语句显然不妥。换言之，探究此类语句为真的含义不啻是谋虚逐妄。涅尔夫妇称，塔斯基的如下结论是令人奇怪的：在普通语言中构造说谎者悖论的可能性表明，对于这种不同于科学的形式化语言的语言，不可能有满意的真值定义。在他们看来，这个奇特的结论不能不让人怀疑导出它的假定。“困难的根源看来是，塔斯基无可怀疑地相信真值主要是语句的一个性质。”[3]而含义依赖于语境的语句恰可用来表明，“真的”应主要用于语句的看法是成问题的。涅尔夫妇因而坚持认为，“真的”应主要用于命题而不是语句。

然而，赞成塔斯基理论的蒯因却提出了一种可以绕过涅尔夫妇批评的、改进了的说法。“一般地认识到了为真的东西是语句后，现在需要来作一定的改进。我们最好不要把语句而把说出语句的行为看作是在根本上为真或为假的东西。”“进一步地说，我们还谈论语句彻底为真或假。这种用法适用于永久性语句：永远为真或永远为假的语句，它们的真假不依赖于凑巧说出或书写出它们的特定环境。”总而言之，“被视为真与假的最好的东西不是命题而是语句表征，或是语句，如果它们是永久性的话。”[4]不难看出，蒯因所谓的永久性语句乃是含义独立于（不依赖于）语境的语句。

显然，如果把塔斯基所谓的语句仅仅理解为含义独立于语境的语句，涅尔夫妇的指责就落空了。

基于以上考虑，我们将把塔斯基所谓的“语句”理解为含义独立于语境的语句，更确切地说，是理解为含义独立于语境的陈述句。现在让我们转向本文所要讨论的主要问题。

3. 公式(T)对任何语句都成立吗？

公式(T)即塔斯基所谓的表达式(T)：

(T) X是真的，当且仅当P。

其中，P为语句变项，可代入一个语句，而X则可代入该语句的一个名称。

塔斯基断言，公式(T)对任何语句均成立。换言之，以任一语句代入其中的P，而以该语句的任一名称代入其中的X所得到的等值式均成立。塔斯基称如此得到的等值式为(T)型等值式。因而，上述断言也可表述为，任何(语句的)(T)型等值式均成立。例如，我们有：“雪是白的”是真的，当且仅当雪是白的。请注意，上式中的“雪是白的”可作为“当且仅当”之后的那个语句的名称。塔斯基就此写道：“让我们来考虑任意一个句子；我们用字母‘P’来代替它，然后构造句子的名称，并用另一个字母比如‘X’来代替它。现在我们要问：在‘P’和‘X是真的’这两个句子之间有什么逻辑关系。很明显，从我们对真理的基本看法看来，这些句子是等值的，换句话说，下面的等值式成立：(T) X是真的，当且仅当P。”

我们的看法恰恰与塔斯基相反。也就是说，在我们看来，公式(T)并非对任何语句都成立。一个不容忽视的事实是，语句有单义句(仅有一种含义的语句)和多义句(有歧义的语句)之分。毫无疑问，公式(T)对任何单义句都是成立的。这是因为，任一单义句P都作了一个断言，P的成真条件为，事实与P之断言相符。而“X是真的”的成真条件实质上亦为事实与P之断言相符。既然“X是

真的"与 P 的成真条件相同，故而两者便可相互推出，亦即两者等值。然而，与此相反，公式(T)对任何多义句都不成立。理由如次：令 P 为任一多义句，X 为它的一个名称。显然，"X 是真的"同义于"P 是真的"。由于 P 是多义句，故而"P 是真的"为多义句，于是便有，"X 是真的"亦为多义句。应当强调指出的是，就多义句而言，是绝对不可直接施推理于其上的，否则便是误用了逻辑。事实上，(演绎)逻辑给出的推理规则都是从单义句到单义句的推理规则，此种规则使得前者的成真条件均为后者的成真条件。因而，正确的做法只能是，先行区分多义句的不同含义，然后分别施推理于表达这些含义的单义句。既然直接施推理于"X 是真的"和 P 便是错误的，当然就更谈不上什么两者的相互推出了。由此可见，公式(T)对任何一个多义句均不成立。

也许有人会问，要是我们先行分析 P 与"X 是真的"的含义，然后再分别施推理于其上(亦即分别施推理于表达这些含义的单义句)，又会有什么结果呢？不妨假定 P 有两种含义，可分别表为 P′、P″。自然，此时"X 是真的"也有两种含义，可分别表为"P′是真的"、"P″是真的"。由于 P′、P″均为单义句，故依前述结论有："P′是真的"与 P′可相互推出；"P″是真的"与 P″可相互推出。然而，这只是表明，由"X 是真的"的不同含义均可推出可以用 P(有歧义地)表达的特定含义，而不能简单地说成是，由"X 是真的"可推出 P。反过来，这也只是表明，由 P 的不同含义均可推出可以用"X 是真的"(有歧义地)表达的特定含义，而不能简单地说成是，由 P 可推出"X 是真的"。总而言之，尽管有上述两个可相互推出，却仍然不会有"X 是真的"与 P 可相互推出，亦即不会有"X 是真的"与 P 等值。

简言之，本节的结论为：公式(T)并非对任何语句均成立，它只是对任何单义句均成立，而对任何多义句均不成立。

4. 由公式(T)到"说谎者悖论"的推导成立吗?

由公式(T)到"说谎者悖论"的推导是由卢卡西维茨给出的,塔斯基认为该推导成立,并以此作为立论的基本依据。他就此写道:"这样我们就得到了一个明显的矛盾。""在我看来,低估这一个悖论和其它悖论的重要性,把它们当作诡辩或者笑料,从科学进步的角度看来是十会错误和危险的。""应该强调指出,悖论在现代演绎科学基础的建立中起过卓越的作用。正如集合论悖论,尤其是罗素悖论(由所有不是它们自身的元素所组成的集合)在建立逻辑和数学的相容的形式化系统的成功尝试中曾作为出发点一样,说谎者悖论和其它语义学悖论促成了理论语义学的建立。"

还是先让我们介绍一下这个推导。试看如下语句:

S:S不是真的。

"S不是真的"是我们所要考虑的语句,其中的"S"所指称的正是该语句本身。将该语句及其带引号的名称代入公式

(T)X是真的,当且仅当P。

即有:"S不是真的"是真的,当且仅当S不是真的。由于S与"S不是真的"指称的是同一个语句,故又有:S是真的,当且仅当S不是真的。这意味着,S为真与S非真可以相互推出,此即(强化的)"说谎者悖论"。

那么,这个推导是否成立呢?

不难看出,当且仅当公式(T)对语句S成立,这个推导才是成立的。塔斯基认为该推导成立,自有他的道理:既然公式(T)对任何语句均成立,自然也就对语句S成立,故而该推导成立。

然而,正如我们在上一节业已证明的,公式(T)并非对任何语句均成立,所以,塔斯基的结论未必靠得住。进一步,我们还可以证明,这个推导实际上是不成立的。

由上一节的结论可知,公式(T)仅对单义句成立,因而我们

有:当且仅当语句 S 为单义句,该推导方为成立。事实上,我们业已证明,语句 S 并不是单义句而是多义句,由此即可推知,该推导不成立。

以下是语句 S 为多义句的

证明:

不妨假设 S 为单义句。

此时便有,S 要么为真要么非真。

如果 S 为真,便有 S 非真,矛盾。

由反证法知,S 非真。

如果 S 非真,便有 S 为真,矛盾。

由反证法知,S 为真。

综合上述结果,便有 S 为真并且 S 非真,矛盾。证毕。

附带说一句,我们业已证明,语句 S 不但是多义句,还具有无穷多种含义,且在每种含义下均取唯一确定的真值[5]。

5.“说谎者悖论”是真正意义上的悖论吗?

在塔斯基看来,“说谎者悖论”乃是真正意义上的悖论。其理由可简述如下:既然公式(T)对任何语句均成立,上述推导即为成立,故而由之导出的语句 S 的(T)型等值式成立,这自然意味着,S 为真与 S 非真的确可以相互推出,由此可见,“说谎者悖论”乃是真正意义上的悖论。

然而,正如我们业已证明的,上述推导实际上是不成立的,这就动摇了“说谎者悖论”确为悖论的说法。进一步,我们倒是可以证明,“说谎者悖论”根本就不是真正意义上的悖论。

由第 3 节可知,公式(T)对任何多义句均不成立。由于 S 为多义句,故有公式(T)对 S 不成立,亦即 S 为真与 S 非真不等值。由此可见,两者是不能相互推出的,亦即“说谎者悖论”不是真正意义上的悖论。

"说谎者悖论"原本是以"本语句不是真的"表述的(其中,"本语句"系指该语句本身):如果"本语句不是真的"是真的,则有,本语句不是真的,于是便有,"本语句不是真的"不是真的。如果"本语句不是真的"不是真的,则有,本语句不是真的,于是便有,"本语句不是真的"是真的。长期以来,人们一直未能令人信服地指出这个"悖论"的推理有什么错误,从而真正消解之。现在让我们给出一个回答。事实上,这个"悖论"所使用的推理规则都是正确的,这些规则是:

(1)"P"真→P (引号消去规则)

(2)P→"P"真 (引号引入规则)

(3)指称同一对象的名称可相互置换。

请注意,"P"不应理解为符号 P 本身,而应理解为引号夹一语句变项。尤其需要强调的是,与所有正确的推理规则一样,这些规则仅适用于单义句而不适用于多义句。由第 3 节的讨论可知,引号消去和引号引去规则仅适用于单义句。事实上,不难证明,第三个规则也同样如此。然而,这个"悖论"却把正确的推理规则用在了错误的对象——多义句上,故而犯有施推理于多义句的错误,这显然是误用了逻辑。这就是两千多年来人们一直在寻找的"说谎者悖论"的推理错误。现在看来,人们之所以难以找出这个怪圈的破绽,可能是由于仅仅注意其所使用的推理规则是否正确而完全忽视了推理的对象是否正确。附带说一句,我们业已证明,其它典型"语义悖论",包括另一种形式的"说谎者悖论"("本语句为假")、"格雷林悖论"、"理查德悖论"均犯有同一种推理错误[6]。

6. 适当的真理定义必须蕴涵任何(T)型等值式吗?

在塔斯基看来,公式(T)对任何语句均成立,换言之,所有语句的(T)型等值式均成立。他由此得出了如下结论:适当的真理定义必须蕴涵任何(T)型等值式。"现在我们终于可以提出一个

具有精确形式的条件，在此条件下，从实质的观点看来我们可以认为词项‘真的’的定义和用法是适当的，我们希望以这样一种方式来使用词项‘真的’，以使得任何(T)型等值式都能成立，并且，我们将称一个真理的定义为‘适当的’，如果所有这些等值式都是从它推导出来的。”

显然，从塔斯基所谓的适当的真理定义出发，不仅可以推出所有单义句的(T)型等值式，还可以推出所有多义句的(T)型等值式。如前所述，所有多义句的(T)型等值式都是假的，由此即可看出，他所谓的适当的真理定义肯定是错误的，实质上恰恰是不适当的。依照本文的观点，正确的说法应当是，适当的真理定义必须蕴涵任何单义句的(T)型等值式，而绝不应蕴涵任何多义句的(T)型等值式。

7. 在语义上封闭的语言中真理不可定义吗?

塔斯基由适当的真理定义必须蕴涵所有(T)型等值式以及从S的(T)型等值式可以导出说谎者悖论出发得出了一个重要结论：在语义上封闭的语言中，不可能给出一个不导致矛盾(悖论)的适当的真理定义。换言之，在这种语言中，一个真理定义要是适当的就肯定导致矛盾。这被简单地说成是，在语义上封闭的语言中真理是不可定义的。

塔斯基所谓的“语义上封闭的语言”是从自然语言抽象出来的，系指具有如下性质的语言，它“不仅包含了这种语言的表达式，也包含了这些表达式的名称，同时还包含了象涉及这种语言的语句的词项‘真的’这样的语义学词项；我们还假定所有决定这个词项的适当使用的语句都能在这种语言中得到断言。”显然，在所有语义上封闭的语言中，都可以构造出与“说谎者悖论”所涉及的语句同义的语句。

的确，我们不能不承认，在语义上封闭的语言中，由塔斯基所

谓的适当的真理定义肯定会导出悖论。然而，这实际上只不过是由不适当的真理定义导出佯悖而已。事实上，由真正适当的真理定义是绝对不会导出悖论的。总而言之，即使是在语义上封闭的语言中，真理也是可以定义的，更确切地说，给出一个不导致悖论的适当的真理定义是完全可能的。

8.余　论

本文的讨论始于"语句"的定义，在行将结束我们的讨论之际，让我们回到这个起点。现在我们要问，要是把塔斯基的"语句"重新定义为含义不依赖于语境的单义的陈述句，亦即本文所谓的单义句，会不会使他的理论得到补救呢？回答是：是的，可以得到某种补救，但仅仅是局部的。不难看出，在把"语句"理解为单义句的情况下，我们有：

- 公式(T)对任何语句均成立。
- 由公式(T)到"说谎者悖论"的推导不成立。
- "说谎者悖论"不是真正意义上的悖论。
- 适当的真理定义必须蕴涵任何语句的(T)型等值式。
- 在语义上封闭的语言中真理未必是不可定义的。

最后我们要说，尽管塔斯基形式语言真理论的基础部分可能有误，但这绝不意味着，由此导出的一切都是错误的。逻辑学告诉我们，由错误的前提完全有可能推出正确的结论。

（张铁声）

注　释

[1][5][6]张铁声，《一类"语义悖论"之消解——作为自我否定句的"语义悖论"》，《山西师大学报》1998年第3期。

[2]本文引用的塔斯基的见解均见于他的《真理的语义学概念和语义学的基础》,该文收入涂纪亮主编之《语言哲学名著选辑》,三联书店,1988年版。

[3]涅尔夫妇的见解见于威廉·涅尔和玛莎·涅尔著《逻辑学的发展》,张家龙、洪汉鼎译,商务印书馆,1985年版,第732—735页。

[4]蒯因(奎因)的见解见于他的《逻辑哲学》,邓生庆译,三联书店,1991年版,第23—26页。

23 “可定义性悖论”之消解

本文所谓的“可定义性悖论”系指以“理查德悖论”、“策梅罗——康尼悖论”和“贝利悖论”为代表的一类“悖论”。这类“悖论”的共同构造特点是:把一类数依据能否用长度受到特定限制的词组定义分为两类,一类可以用该种方式定义,另一类则不能用该种方式定义;在此基础上,再给出一个不能用该种方式定义的数的定义,而这个定义所采用的又恰恰是该种方式;于是便有,这个数既可以用该种方式定义,又不能用该种方式定义,这显然是有悖事理的。“可定义性悖论”都是“非典型语义悖论”,反过来,目前所谓的“非典型语义悖论”也都是“可定义性悖论”。在这个意义上可以说,两者之所指乃是同一个东西。

“理查德悖论”是法国第戊公立中学教授理查德(J. Richard)于1905年提出的。试考虑无穷十进位小数(以下简称“小数”)。所有可以用有限字数定义的小数构成一个集合E,由于这些定义可按字典序排列,故与之对应的小数亦可按相应次序排列成一个数表:

$$0.X_{11}X_{12}X_{13}\cdots\cdots$$
$$0.X_{21}X_{22}X_{23}\cdots\cdots$$
$$0.X_{31}X_{32}X_{33}\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

沿着这个数表的“对角线”由左上至右下依次取一位数即可构造出如下小数：

$$0.X_{11}X_{22}X_{33}\cdots\cdots$$

将此小数中的每一个 X_{ii} 均改写为其后继(即 $X_{ii}+1$)，若其为 9，则改写为 0，由此即可得一小数，记作 e。由于 e 与该数表中的任何一个小数至少相差一位数字，故 e 显然不在该数表中。这意味着，e 不在 E 中，亦即 e 是不能用有限字数定义的。然而，依照 e 的构造过程显然可以给出 e 的一个定义，并且这个定义还是字数有限的. 于是便有，e 既可以用有限字数定义，又不能用有限字数定义，此即所谓“理查德悖论”。往往为人们所忽视的是，理查德本人根本就不承认这是什么悖论。他明确指出，这里实际上并不存在矛盾，因为用有限字数可定义的小数集合完全不能理解为包含任何仅仅涉及整个集合才可定义的小数。

几乎与此同时，康尼(J. Konig)也发表了一个“悖论”。实数是不可数的，而可以用有限字数定义的实数却是可数的，所以，不能用有限字数定义的实数不是空集。假如实数集可以被良序，则作为其子集的不能用有限字数定义的实数也可以被良序，并且其中有一个首元素。显然，这个首元素完全可以用有限字数定义。于是便有，这个首元素既可以用有限字数定义，又不能用有限字数定义。然而，康尼本人并不认为这是什么悖论，反倒是利用它推翻了前述假设，得出了实数集不能被良序的结论。策梅罗(E. Zermelo)此前业已证明了与此相反的结果并为人们广为接受。既然如此，康尼推出的矛盾似乎就真成了悖论，此即所谓“策梅罗－康尼悖论”。

此后不久，博德里安(Bodleian)图书馆的贝利(G. G. Berry)又发现一个“悖论”。贝利把它提供给罗素，由后者披露于世。试看

“the least integer nameable in fewer than nineteen syllables”(不能用少于 19 个音节命名的最小整数)。为这个词组所指定的数(据罗素说是 111777,见《逻辑与知识》中文版第 72 页)既是不能用少于 19 个音节命名的,又是可以用少于 19 个音节命名的,因为那个用以为之命名的词组仅含 18 个音节。“贝利悖论”有多种变体,下例即为其中之一。试看“the least positive integer which can not be described In at most a hundred letters”(用至多 100 个字母所不能描述的最小的正整数)。为这个词组所描述的正整数既不能用至多 100 个字母描述,又可以用至多 100 个字母描述,因为那个用以描述它的词组仅含 68 个字母。在“可定义性悖论”中,以“贝利悖论”最为简洁明快,有人誉之为“理查德悖论的一种深刻和天才的简化”。

“可定义性悖论”不止以上 3 种。例如,巴勒莫数学小组早在 1897 年就发表过一个这样的“悖论”。超穷序数之中有一些是可以定义的,而另一些则不能定义。由于可以定义的超穷序数是可数的,而超穷序数是不可数的,因而必定存在不可定义的序数,并且其中有一个是最小的。然而,这个序数却可以被定义为“最小的不可定义的序数”。

“可定义性悖论”是真正意义上的悖论吗?迄今为止,肯定的看法依然占据主流地位,而本文则试图作出否定的回答。

如前所述,理查德本人根本不承认被冠以他的姓名的“悖论”是什么悖论。然而,他的论证却建立在“可以用有限字数定义的小数”有确定的外延的基础上。这实质上相当于把原先那个定义改成了“可以用有限字数但不借助‘可以用有限字数定义的小数’这个概念定义的小数”,而原先利用对角线方法给出的小数的定义也必须作相应修改。此时,这个被重新定义的小数虽然可以用有限字数定义,却绝不能不借助“可以用有限字数定义的小数”定义。换言之,这个小数根本不能用有限字数但不借助上述那个概念定

义，而绝不会同时也可以用有限字数但不借助上述那个概念定义。矛盾由是得以避免。请注意，在这里，“可以用有限字数定义”变成了“可以用有限字数但不借助‘可以用有限字数定义的小数’定义”，这是两种判然有别的可定义性。由此可见，理查德实质上乃是通过修改定义或者说偷换概念来解决原先那个问题的。正由于理查德并没有真正消解这个“悖论”，才留下了此后弄假成真的后遗症。

既然问题出在定义上，出路也许就在于禁止使用某种引起麻烦的定义。彭加勒的想法是，应当禁止使用借助“可以用有限字数定义的小数”给出的小数定义以及诸如此类的东西。这些定义都属于所谓非直谓定义，一般认为，“非直谓定义”是指“旨在通过提及归属于一个概念的一切可能对象的整体来判别一个归属于那个概念的对象的定义”。也有人把这种定义的特征说成是：“它借助于一个整体来定义一个对象，而这个对象又属于这一整体。”彭加勒的结论是，非直谓定义乃是此类悖论甚或一切悖论的根源，只有禁止使用这种定义才能避免悖论。这不啻是说，“可定义性悖论”确为悖论，我们所能做的只不过是设法躲避它而已。

罗素不但赞同此说，还进而提出了“恶性循环原则”。这个原则可表述为：“任何涉及一个集合整体的对象都不是这一集合的元素。”或者“如果承认某种汇集能构成一个整体，它就将包含那种只能借助于这一整体才能定义的元素，那么所说的这种汇集就不能构成整体。”（参见夏基松、郑毓信《西方数学哲学》第 142 页）依照罗素的看法，那些非直谓定义正是由于违反了这一原则而陷于恶性循环，才导致了悖论。

此后，罗素的大弟子兰姆塞（F. P. Ramsey）又起而反对彭加勒和罗素的主张。在他看来，问题不能归咎于非直谓定义，因为这种定义非但不可或缺（否则许多数学概念如“上确界”以及与之相关的定理、证明都将无法表达），并且根本不会导致恶性循环。他主

张，解决“可定义性悖论”甚或所有“语义悖论”均应从澄清字句的含混性入手。不过，他并没有拿出具体的解决办法。

由于“可定义性悖论”始终未被真正消解，所以，迄今为止，它们仍作为真正的悖论而被列入各种权威性工具书。

现在让我们阐述本文的观点。我们将主要就“贝利悖论”这个最简单的“可定义性悖论”展开讨论，因为其他“可定义性悖论”亦可以同样方法予以消解。

为叙述方便，让我们看看“贝利悖论”的中文版：用少于 26 个中文字的词组所不能定义的最小的正整数既是不能用少于 26 个中文字定义的，又是可以用少于 26 个中文字定义的，因为上面给出的这个数的定义仅含 25 个中文字。

事实上，我们完全可以利用这个“悖论”去证明根本就不存在可以用少于 26 个中文字定义的正整数的集合。

不妨假定这个集合是存在的，则其补集——不能用少于 26 个中文字定义的正整数的集合也是存在的，并且在这些正整数中还肯定有一个是最小的。然而，这个数又恰恰可以用少于 26 个中文字定义。于是便有，这个数既可以又不能用少于 26 个中文字定义，矛盾。由反证法可知，可以用少于 26 个中文字定义的正整数的集合根本不存在。

由于这样的集合不存在，所以，其补集就不存在，其补集中的最小数也不存在。如此说来，该“悖论”中的主词和宾词皆空无所指，因而那两个语句实质上无涉于任何事实，乃是并无真假可言的非命题。

重新审视一下“贝利悖论”的构造过程就会发现，我们实际上是以存在着可以用少于 26 个中文定义的正整数的集合为潜在前提的。所以，所谓“贝利悖论”只不过是从假前提推出的一对形式上互为否定的非命题，因而根本就不是什么悖论。依照定义，只有从合理的论据推出的一对互为否定的命题才构成悖论。有人可能

会对那对语句不是命题的说法提出异议，即便如此，只要他承认“贝利悖论”所依赖的前提是假的，就不能不接受这个结论。

同理，“理查德悖论”、“策梅罗－康尼悖论”等“可定义性悖论”也都不是真正意义上的悖论。

如此说来，我们根本无须采用禁止使用非直谓定义等办法来避免悖论，因为那根本就不是悖论。所需要的只不过是对这种酷似悖论的佯悖的产生根源及其本质有一个正确的认识。

关于“悖论”与证明的关系，有人曾发表过如下见解：“在数学中，你认为是悖论的，可能是一个证明。或者，你当作一个证明的，会引出悖论。有时往往不容易看清是悖论，还是证明。”哈特则明确断言：“要解决一个悖论，只有用归谬法把它变成一个证明，证明其种新奇的真理。”我们业已看到，采用归谬法完全可以把一个“可定义性悖论”纳人一个证明，证明那个设想中的集合并不存在，并以此证明它根本就不是悖论。

附带提一下，康尼实际上也是用归谬法把“策梅罗－康尼悖论”纳人了一个证明。令人遗憾的是，他并没有用它来否证那个潜在的假前提，而是否证了一个真理。

值得注意的是，威廉·涅尔和玛莎·涅尔在评论彭加勒有关非直谓定义的论文时，曾表示不同意对“非直谓定义”作上述理解，说是“从上下文可以看出，彭加勒只是想说明为什么一些看来象是定义的短语并不定义什么。”如果彭加勒的本意的确如此，则本文可视为对这种观点的进一步发挥。

应当指出的是，从罗素的“恶性循环原则”实际上也可以推出本文的结论。因为依据这一原则，诸如“用少于26个中文字的词组所能定义的正整数”这类“汇集”根本“就不能构成整体”。

弗雷格经多年深思曾就“集合论悖论”发表过如下洞见；“对思维可靠性的灾难是：存在一种用语言创造没有相应对象的专名的倾向。……一个特别值得注意的例证是，依据“概念的外延”这种

模式把专名构成,譬如,‘概念固定的星星的外延’。这个表达式似乎是指一个对象,因为它有定冠词,但不存在能以这种方法用语言指称的对象。由此就产生了集合论悖论。我自己就被这种骗人的外表所愚弄,我企图通过把它们看作集合而给出数的逻辑基础。”(参见 H.D.斯鲁格《弗雷格》中文版第 364 页)现在我们看到,这种“用语言创造没有相应对象的专名的倾向”同样可以导致“可定义性悖论”。在这里,这种专名甚至表现为如此极端的形式,那就是对于不可定义的东西给出的定义。

(张铁声)

24 “集合论悖论”之消解

1.引　言

所谓“集合论悖论”包括“罗素悖论”、“理发匠悖论”、“目录悖论”，其中，以“罗素悖论”最为深刻。弗雷格说这个“悖论”动摇了数学的基础，塔斯基称其为现代逻辑面临的“最困难的问题”，哥德尔甚至认为它已使形式逻辑宣告破产，而蒯因则名之曰“真正的悖论”。

罗素指出，集合可分为两类：一类以自身为元素，另一类不以自身为元素。所有不以自身为元素(的集合构成一个集合)，此即所谓“罗素集”。由此便引出这样一个问题：该集合是否以自身为元素？显然，如果该集合不以自身为元素，它就以自身为元素；如果该集合以自身为元素，它又不以自身为元素。换言之，就断言罗素集以自身为元素(或者不以自身为元素)的语句而言，无论言其为真或为假都可以推出正相反对的结论，此即著名的“罗素悖论”。

“理发匠悖论”是罗素本人为使“罗素悖论”更易于理解提出的，可以说是后者的通俗版。萨尔维村有这样一位理发匠，他是本村的男人，并且给且只给该村所有不给自己刮胡子的男人刮胡子。现在的问题是，这位理发匠是否给自己刮胡子？显然，如果他给自己刮胡子，他就不给自己刮胡子；如果他不给自己刮胡子，他就给自己刮胡子。“悖论”由是得以产生。

“目录悖论”是“罗素悖论”的又一个变种，由瑞士数学家贡赛

斯提出。所有可能的目录可分为两大类:一类是未收入自身的目录,在这样的目录中查不到关于它自身的条目,另一类则是收入自身的目录。所有未收入自身的目录有一个总目录,这个总目录既然也是目录,便有个是否收入自身的问题。显然,如果该总目录未收入自身,它便收入了自身;如果它收入了自身,则又未收入自身。

由英国逻辑学家汤姆逊提出而由另一位英国逻辑学家麦基命名的“理发匠定理”可以消解“理发匠悖论”和“目录悖论”,却不能消解“罗素悖论”。本文试图消解这个“悖论”,并进而揭示这些“悖论”的共同本质。

2. 子乌虚有的萨尔维村理发匠和未收入自身的目录之总目录

“理发匠定理”的内容为:设S是一个任意的集合,R是一个至少在S上有定义的任意的二元关系,则S中不存在这样的元素:它与且仅与S中所有那些与自身不具有R关系的元素具有R关系。有人用符号语言把它表为:

$$\sim(\exists z)(z\in S\wedge(\forall x)(x\in S\wedge\sim R(x,x)\longleftrightarrow R(z,x))$$

用反证法很容易证明该“定理”,下面让我们给出它的证明:

不妨假设该“定理”不成立。

此时便有,至少存在一个集合S和一个二元关系R,R在S上有定义,而S中却存在一个元素a,a与且仅与S中所有那些与自身不具有R关系的元素具有R关系。

由于R在S上有定义,故R(a,a)有真假可言。

如果R(a,a)为真,则a与自身有R关系,依假设便有a与a不具有R关系,亦即R(a,a)为假,此时便有R(a,a)既真且假,矛盾。

依反证法可得,R(a,a)非真。

如果R(a,a)为假,则a与自身不具有R关系,依假设便有a与a有R关系,亦即R(a,a)为真,此时又有R(a,a)既真且假,矛盾。

依反证法可得，R(a,a)非假。

于是便有 R(a,a)非真非假，矛盾。

依反证法便有，该"定理"成立，证毕。

利用该定理很容易消解"理发匠悖论"。

请注意，萨尔维村的男人是一个集合，在该集合中任取两个成员 x,y(可以相同)，则"x 给 y 刮胡子"要么为真要么为假，这表明"…给…刮胡子"是一个至少在该集合上有定义的二元关系。因此，套用"理发匠定理"即可知道，在萨尔维村的男人中根本不存在这样的成员，他给且只给萨尔维村男人中所有不给自己刮胡子的人刮胡子。换言之，根本就不存在如此这般的理发匠。

利用该定理也很容易消解"目录悖论"。

所有可能的目录构成一个集合，从中任取两个目录 x,y(可以相同)，则"x 收入 y"非真即假。因此，二元关系"…收入…"至少在该集合上有定义。由"理发匠定理"易知，根本就不存在这样的目录，它收入且仅收入所有那些未收入自身的目录。

乍看上去，简单地套用"理发匠定理"即可消解"罗素悖论"。所有的集合也是一个集合，记作 S^*。从 S^* 中任取两个集合 x,y(可以相同)，则"x 以 y 为元素"要么为真要么为假。这表明，"…以…为元素"是至少在 S^* 上有定义的二元关系。由"理发匠定理"可知，S^* 中不存在这样的集合，它以且仅以 S^* 中所有那些不以自身为元素的集合为元素。也就是说，所谓"罗素集"——由所有不以自身为元素的集合构成的集合根本就不存在。

然而，上述证明根本无效。问题在于，该证明实际上是以所有集合的集合——亦即所谓"大全集"的存在为预设的，而"大全集"实际上并不存在。显然，如果"大全集"存在的话，它就以每一个集合为其子集，故有，"大全集"的基数≥任一集合的基数，亦即"大全集"为基数最大的集合。而康托尔定理却断言，对于任一集合，其幂集的基数都大于它的基数。由此不难推知，基数最大的集合根

本就不存在。由于从“大全集”存在可以推出一个假命题——存在基数最大的集合，故由反证法即可证得，“大全集”并不存在。

由此即可看出，关于“罗素集”不存在的上述证明乃是以一个假命题为预设的，故而其中出现了不是命题的语句，二值逻辑的推演规则包括反证法在内统归失效，故而整个证明不成立。这表明，不能通过简单套用“理发匠定理”来否定“罗素集”之存在。正由于该定理的作用十分有限，麦基才不无调侃地把它贬称为“理发匠定理”。

3.“罗素集”不存在

实际上，我们完全可以利用“罗素悖论”本身来证明“罗素集”不存在。

证明：

不妨假设“罗素集”存在。

如果“罗素集”以自身为元素，则有它不以自身为元素，于是便有，它既以自身为元素又不以自身为元素，矛盾。

依反证法便有，“罗素集”不以自身为元素。

如果“罗素集”不以自身为元素，则有它以自身为元素，于是便有，它既以自身为元素又不以自身为元素，矛盾。

依反证法便有，“罗素集”以自身为元素。

于是便有，“罗素集”既以自身为元素又不以自身为元素，矛盾。

再依反证法便有，“罗素集”不存在，证毕。

在借助反证法求证一个命题时，我们所刻意追求的正是推出一个假命题甚或一个矛盾。然而，当事关“悖论”时，矛盾却是意外地出现的，这不禁使我们大为惊愕。而事实上，我们完全应该想到，可以借助它反证一个此前未曾想到的真理。

4. 关于“罗素集”不存在的讨论

对于萨尔维村的理发匠以及未收入自身的目录之总目录的不存在，我们的直觉似乎很容易接受。然而，对于“罗素集”之不存在，我们的直觉却难以接受。本节的目的正在于使之易于为我们所接受。

我们很容易承认，最大的自然数是不存在的。与此多少有点类似，我们也易于承认，基数最大的集合是不存在的。由于“大全集”只能是基数最大的集合，所以，我们也能够接受“大全集”不存在这一结论。显然，如果我们能够表明，“罗素集”存在实际上便意味着“大全集”存在，那末，前者之不存在就会更易于为我们所接受。

事实上，如果“罗素集”存在，那末，“反罗素集”——以自身为元素的集合之集合便理应存在，它们的并集自然也就存在。显然，任何一个集合要么属于前者，要么属于后者，亦即均属于上述并集。这意味着，“罗素集”与“反罗素集”之并集正是“大全集”。也就是说，如果“罗素集”存在，“大全集”便理应存在。如此说来，“罗素集”之不存在也不是完全不可理解的。

5. “集合论悖论”皆为佯悖

如前所述，“萨尔维村的理发匠”、“未收入自身的目录之总目录”以及“罗素集”皆空无所指，所以谈论它们所指称的对象有无某一性质（而不是谈论其存在与否）的语句，正如同语句“当代法国国王是秃子”一样，实际上并无真假可言，根本不是命题，自然也就谈不上是什么（二值）悖论。根据定义，（二值）悖论乃是指这样的命题，由其为真可推出其为假，由其为假可推出其为真。

应当指出的是，弗雷格晚年曾意识到，“集合论悖论”是由无指称对象的专名引起的。他如此写道：“对思维可靠性的灾难是：存

在一种用语言创造没有相应对象的专名的倾向。……一个特别值得注意的例证是，依据‘概念 a 的外延’把专名构成，譬如‘概念固定的星星的外延’。这个表达式似乎是指一个对象，因为它有定冠词，但不存在能以这种方法用语言指称的对象。由此就产生了集合论悖论。我自己就被这种骗人的外表所愚弄，我企图通过把它们看作集合而给出数的逻辑基础。"（见 H. D. 斯鲁格著《弗雷格》中文版第 364 页。）上述分析结果表明，弗雷格晚年的直觉是正确的。不过，令人欣慰的是，所谓"集合论悖论"并不是什么真正意义上的悖论，因而并不会给思维的可靠性带来灾难。

（张铁声）

25 从摹状词理论看“罗素悖论”

1.引　言

摹状词与悖论同为逻辑哲学的重要研究课题,但以往的研究多视其为相互独立的领域,鲜有将二者联系起来思考者。本文分别以弗雷格和罗素的摹状词理论分析“罗素悖论”,得出如下结论:无论依据这两种理论的那一种,所谓“罗素悖论”都不是真正意义上的悖论。所谓“罗素悖论”是罗素在分析“布拉利-福蒂悖论”和“康托尔悖论”之结构的基础上提出的最简单也最深刻的“集合论悖论”。试考虑所有不以自身为元素的集合的集合(简记作 R,又称“罗素集”)是否以自身为元素。于是便有:

R 以自身为元素,当且仅当 R 不以自身为元素。

亦即语句“R 以自身为元素”及其否定“R 不以自身为元素”可以相互推出,此即所谓“罗素悖论”。

弗雷格当时自以为已经完成了为算术奠定逻辑基础的工作,所以在接到罗素通报发现这一“悖论”的信件后蒙受了十分沉重的打击,以至于在《论算术的基本法则》第二卷的《后记》中沮丧地写道:“对于一个科学工作者来说,最不幸的事情无过于,当他完成他的工作时,发现他的知识大厦的一块基石突然动摇了。正当本书的印刷接近完成之际,伯特兰·罗素先生给我的一封信便使我陷入

这种境地。”“成为问题的恰恰不是我建立算术的特殊方式,而是算术是否完全可能有一个逻辑基础。”[1]

严格的悖论定义为:一命题A,若由A可推出非A,由非A可推出A,则称之为悖论。我们很快便会看到,无论依据弗雷格的还是依据罗素的摹状词理论,“R以自身为元素”都不是什么悖论。请注意,R只不过是有定摹状词“(那个)所有不以自身为元素的集合的集合”之记号而已,这就为借助摹状词理论分析这个“悖论”提供了可能。

2. 弗雷格和罗素的摹状词理论之要点

摹状词理论的主要研究对象是有定摹状词。有定摹状词也称个体摹状词,是旨在以给出一个性质集合的方式指称满足此性质集合的唯一个体的语词组合[2]。例如:“20世纪地球上最高的山峰”、“《逻辑哲学论》的作者”、“1998年的美国总统”、“1998年的法国国王”、“那位微积分的创立者”等等。

值得注意的是,尽管有定摹状词旨在指称唯一的个体,却并非所有有定摹状词均有唯一所指。事实上,有些有定摹状词并无所指(亦即没有一个个体满足其所给定的性质集合),如“1998年的法国国王”便是如此,因为此时法国实行的是共和制。还有些有定摹状词无从确定其唯一所指究竟是哪一个个体(亦即有两个或两个以上的个体满足其所给定的性质集合),如“那位微积分的创立者”,因为微积分的创立者不止一位。

有定摹状词的研究重点乃是以其为主词的语句之含义和真值状况。

尽管“有定摹状词”这个术语是罗素引入的,但此前亦不乏此类研究,其中以弗雷格在(广义的)专名的名义下提出的摹状词理论影响最大。弗雷格所谓的复杂的专名即相当于罗素的有定摹状词。

弗雷格有定摹状词理论之要点有二：

其一，以有定摹状词为主词的语句不包含该有定摹状词有唯一所指的含义，而只是预设了该有定摹状词有唯一所指。

其二，一个有定摹状词有唯一所指，乃是以其为主词的语句有真假值(亦即成为命题)的必要条件。换言之，以没有唯一所指的有定摹状词为主词的语句没有真假值(亦即不成其为命题)。

弗雷格之所以提出第一个主张，乃是由于，在他看来，与此相反的看法将会导致荒谬可笑的结果。例如，如果语句“那位名叫开普勒的人死于贫困”包含了“那位名叫开普勒的人”有唯一所指的含义，则该语句的否定就应当是“‘那位名叫开普勒的人’无唯一所指或者那位名叫开普勒的人未死于贫困”，这显然十分荒唐。

弗雷格的第二个主张也基本合乎自然语言的日常用法。例如，在回答诸如“1998 年的法国国王是秃子吗?”这样的问题时，我们都不会简单地以“是”或“否”作答，因为这两种回答的任何一个都意味着我们默认 1998 年法国有一位国王。恰当的回答应当是：此话从何谈起？1998 年法国根本没有国王。言外之意，“1998 年的法国国王是秃子”这句话根本谈不上真假。

然而，罗素却不无理由地反驳说，就断言有定摹状词之所指对象存在与否的语句(以下简称为“存在性语句”)而言，弗雷格的理论是成问题的。首先，我们不能说，这样的语句业已预设了该有定摹状词有唯一所指，否则便会导致矛盾。例如，如果说“1998 年的法国国王不存在”预设了“1998 年的法国国王”有唯一所指，便等于说，它预设了“1998 年的法国国王存在”，这显然自相矛盾。其次，即便是无所指的有定摹状词，如与“存在”、“不存在”连用，也能组成有真假值的语句。例如，“1998 年的法国国王不存在”与“1998 年的法国国王存在”显然一真一假。

如此说来，弗雷格上述论断之适用范围应为非存在性语句。下面的讨论将以修正后的弗雷格摹状词理论为准。

罗素的观点与弗雷格正相反对,其要点为:

其一,以有定摹状词为主词的语句不是预设了该有定摹状词有唯一所指,而是要么包含了该有定摹状词有唯一所指的含义(在该语句为肯定句或虽为否定句而作内在否定理解的情况下),要么并未就此做出断言(在该语句为否定句而作外在否定理解的情况下)[3]。

例如,"1998年的法国国王是秃子"的含义应为:

存在这样的个体,该个体是1998年的法国国王,并且只有该个体是1998年的法国国王,并且该个体是秃子。

再如,"1998年的法国国王不是秃子"如作内在否定的理解,其含义为:

存在这样的个体,该个体是1998年的法国国王,并且只有该个体是1998年的法国国王,并且该个体不是秃子。

如对该语句作外在否定的理解,则其含义为:

并不存在这样的个体,该个体是1998年的法国国王,并且只有该个体是1998年的法国国王,并且该个体是秃子。

不难看出,依照罗素的说法,"1998年的法国国王是秃子"与作内在否定理解的"1998年的法国国王不是秃子"都含有"1998年的法国国王"有唯一所指的含义,而作外在否定理解的"1998年的法国国王不是秃子"则并未就此做出断言,由之仅能推出三种可能状况:"1998年的法国国王"无所指或者无从确定其唯一所指,抑或有唯一所指但该所指不是秃子。

其二,即使有定摹状词没有唯一所指,以其为主词的语句(在其一个确定的含义下)也有真假值(要么为真要么为假)。

例如,尽管"1998年的法国国王"并无唯一所指而是无所指的,依照罗素的分析,"1998年的法国国王是秃子"和作内在否定理解的"1998年的法国国王不是秃子"都是假的,而作外在否定理解的"1998年的法国国王不是秃子"则是真的。

3. 从弗雷格的摹状词理论看“罗素悖论”

现在让我们论证，依照弗雷格的摹状词理论，“罗素悖论”不是真正意义上的悖论。

如前所述，“罗素悖论”的完整表述应为：

如果所有不以自身为元素的集合的集合以自身为元素，则它就不以自身为元素。

如果所有不以自身为元素的集合的集合不以自身为元素，则它就以自身为元素。

依照弗雷格的理论，上述两个推理的起始语句共享同一个预设，那就是，“所有不以自身为元素的集合的集合”有唯一所指。由此可见，我们只要否证了这个预设，就可以断言，“R 以自身为元素”（及其否定“R 不以自身为元素”）根本不是命题，从而否定它是悖论。实际上，做到这一点并不难，我们只消把这个“悖论”的推理纳入以下证明便可。

证明：

不妨假设“所有不以自身为元素的集合的集合”有唯一所指（以下仍将该摹状词简记作 R）。

于是便有，“R 以自身为元素”要么为真要么为假。

如果“R 以自身为元素”为真，则有 R 以自身为元素，于是便有 R 不以自身为元素，矛盾。由反证法易知，“R 以自身为元素”非真。

如果“R 以自身为元素”为假，则有 R 不以自身为元素，于是便有 R 以自身为元素，矛盾。由反证法易知，“R 以自身为元素”非假。

综合以上两个子证明的结果便有，“R 以自身为元素”非真非假，矛盾。

再由反证法即得，“所有不以自身为元素的集合的集合”无唯

一所指。证毕。

实际上,在此基础上不难进一步证明,该有定摹状词并无所指。这是因为,根本就不可能出现两个或两个以上不同集合同为"所有不以自身为元素的集合的集合"的情况。

由此可见,依照弗雷格的摹状词理论,"罗素悖论"并不是命题,因而也就不成其为真正意义上的悖论。

然而,应当指出的是,弗雷格本人似乎并没有借助自己的摹状词理论来消解这个"悖论"。不过,他倒是很快就猜测到,罗素集实际上可能并不存在。但不久之后他又放弃了这个想法,直至晚年才予以确认。涅尔夫妇在《逻辑学的发展》中曾如此写道:"弗雷格为了想避免由罗素告诉他的这个令人很不满意的情况,首先提出如下建议:可能有一些概念而没有相应的类。如果不是自身分子的类是这样一个概念,那么罗素悖论自然就不会出现,因为不会有由一切不是自身分子的类构成的类。但是弗雷格自己不能赞同这种崭新的变革,他另外想用修改他的第五公理的办法来避免这个矛盾,他对这条公理常常感到不安。他现在提出的问题是,两个概念应当说成是具有同样的外延当且仅当归属于第一个概念但本身不是第一个概念外延的对象同样也归属于第二个概念,反之亦然。……以后的逻辑学家事实上已经证明,弗雷格所做的修改并不足以使他的系统避免不一致。"[4]只是在很久之后,弗雷格才终于意识到,罗素集之类的集合是不存在的。在弗雷格的《遗文集》中人们可以读到这样一段话:"对思维可靠性的灾难是:存在一种用语言创造没有相应对象的专名的倾向。……一个特别值得注意的例证是,依据'概念 a 的外延'这种模式把专名构成,譬如,'概念固定的星星的外延'。这个表达式似乎是指一个对象,因为它有定冠词,但不存在能以这种方法用语言指称的对象。由此就产生了集合论悖论。我自己就被这种骗人的外表所愚弄,我企图通过把它们看作集合而给出数的逻辑基础。"[5]

4.从罗素的摹状词理论看"罗素悖论"

现在再让我们看看,用罗素的摹状词理论分析他本人发现的"悖论"会有什么结果。

依照罗素的见解,否定句"R 不以自身为元素"乃是一个多义句(亦即有歧义的语句),对它可做内在否定与外在否定两种理解,而肯定句"R 以自身为元素"则是一个单义句。我们知道,合乎逻辑的推理只能是由单义句推出单义句,因而,由一个单义句是推不出一个多义句的,而由一个多义句也推不出一个单义句。事实上,直接施推理于多义句(而不是先行区分其不同之含义然后分别施推理于表达这些含义的单义句)乃是逻辑之误用,根本不合逻辑。由此可见,这两个语句根本不可能合乎逻辑地相互推出。

让我们具体地分析一下,依照罗素的摹状词理论,这两个语句何以不能相互推出。

由"R 以自身为元素"可以推出"存在一个个体,它是 R,并且只有它是 R,并且它以自身为元素"(因为在罗素看来这正是该语句的确切含义),由此又可推出"存在一个个体,它是 R,并且只有它是 R,并且它不以自身为元素",然而再往下却只能推出内在否定意义上的"R 不以自身为元素"为真,而绝推不出多义句"R 不以自身为元素"本身。

至于由"R 不以自身为元素"推不出"R 以自身为元素",则是因为前者有内在否定、外在否定两种含义,我们只有先行区分这两种含义,然后方可分别施推理于表达这两种含义的单义句,而绝不能直接施推理与其上。否则,便是误用了逻辑。既然直接施推理于"R 不以自身为元素"便是错误的,就更谈不上可以由之合乎逻辑地推出"R 以自身为元素了"。

由此可见,依照罗素本人的摹状词理论,这两个语句根本不能合乎逻辑地相互推出,故而所谓"罗素悖论"也就不成其为什么真

正意义上的悖论了。

应当指出的是,罗素似乎也未借助自己的摹状词理论消解"罗素悖论",他反倒是接受了弗雷格最初的主张,认为"罗素集"可能并不存在。"罗素在他有暇更仔细地考虑这个问题之后,得到如下结论:弗雷格的第一个建议是较好的。他认为,存在一些命题函项.它们并不确定真正的类,对于逻辑学家来说,这个问题是要给出规则,由此这些非直谓的函项(这是他所称呼的)能与其他函项区别开来。"[6]

5.结　语

至此,我们业已得出了本文的主要结论,那就是,无论依据弗雷格的还是罗素的摹状词理论,"罗素悖论"都不是真正意义上的悖论。事实上,不只是"罗素悖论",凡是由无所指的摹状词导致的"悖论"均可以同样方式予以消解。尽管这两种摹状词理论同样有助于消解此类"悖论",毕竟还是存在何种理论更切合自然语言实际的问题。我们以为,就这一点而言,还是弗雷格的理论更可取。这是因为,人们通常并不认为,以无所指的有定摹状词为主词的语句(例如"1998年的法国国王是秃子")有真假值,将其作为命题强行纳入二值逻辑的做法不啻是削足适履。

(张铁声)

注　释

[1][4][6]参见涅尔夫妇著《逻辑学的发展》,张家龙、洪汉鼎译,商务印书馆1985年版,第807-808、809、809页。

[2]有定摹状词之定义可参看维·马奇舍夫斯基主编的《现代逻辑辞典》,张兆梅等译,中国人民大学出版社1992年版,第447页。

[3]关于"内在否定"和"外在否定"可参看周礼全主编的《逻辑——正确思维和交际的理论》,人民出版社1994年版,第456页。

[5]引自汉斯·D.斯鲁格著《弗雷格》,江怡译,中国社会科学出版社1989年版,第364页。

26 “悖论”不包含矛盾

1.引　言

纵观悖论研究现状,“悖论”包含矛盾的观点似乎仍然占据着主流地位——分歧仅仅在于它所包含的矛盾性质为何,而不在于它究竟是否包含矛盾[1]。

确切地说,“悖论”包含矛盾的意思无非是:由“悖论”可以合乎逻辑地推出一命题 A 及其否定 ~A(非 A)之合取,亦即 A∧~A[2]。

我们知道,严格意义上的“悖论”一般表现为一语句 A 及其否定~A 之间的相互推出,亦即:如果 A,则有 ~A;如果 ~A,则有 A。在此基础上,对以上两个推理分别使用反证法,即得:~A、~~A,亦即~A、A,于是便有:A∧~A。这便是“悖论”包含矛盾说的依据。

例如,“强化的说谎者悖论”表现为:

如果“本语句非真”为真,则有“本语句非真”非真;

如果“本语句非真”非真,则有“本语句非真”为真。

将反证法分别用于以上两个推理,即可推出:“本语句非真”非真,“本语句非真”并非非真。于是便有,“本语句非真”为真∧“本语句非真”非真。

再如,“罗素悖论”表现为:

如果罗素集(所有不以自身为元素的集合之集合)以自身为元

素，则罗素集就不以自身为元素；

如果罗素集不以自身为元素，则罗素集就以自身为元素。

将反证法分别用于以上两个推理，即可推出，罗素集不以自身为元素，罗素集并非不以自身为元素。于是又有，罗素集以自身为元素$\wedge$罗素集不以自身为元素。

显然，如果“悖论”中的语句 A 确为命题，上述推理即合乎逻辑，而“悖论”包含矛盾说自然也就是成立的。

然而，我们很快就会看到，任何“悖论”中的语句 A 实质上都不是命题。这一事实同时还表明，上述推理根本不合逻辑，因而结论只能是：由“悖论”不能合乎逻辑地推出一命题 A 及其否定的合取，而仅能不合逻辑地推出一非命题语句及其否定的合取。于是，我们便有双重的理由说，“悖论”根本就不包含矛盾。

2.“悖论”中的语句 A 不是命题

如前所述，“悖论”表现为一语句 A 及其否定～A 的相互推出。应当强调指出的是，这种相互推出所使用的推理规则就命题而言还是正确的（否则“悖论”也就不“悖”了）。由此即不难证明，A 绝不会是命题。为此，我们只消假设 A 为命题，并依照上述推理推出矛盾即可。请注意，该假设将保证在它之下进行的推理是合乎逻辑的，亦即在该假设下这些推理是将正确的推理规则用到了正确的对象——命题上。既然该假设本身是命题，并且必然导致矛盾，依照反证法它就只能是假的。这样我们便证明了，A 肯定不会是命题。

进一步的问题自然就是，语句 A 如果不是命题，它又会是什么。我们知道，所谓命题实即要么为真要么为假的单义句。如此说来，A 就有可能是多义句或者非真非假的单义句。事实上，我们业已证明，“语义悖论”（如“强化的说谎者悖论”）中的语句 A 都是多义句，而“集合论悖论”（如“罗素悖论”）中的语句 A 则是非真非

假的单义句[3]。这一点同样不难用反证法予以证明。

例如，我们可假设"本语句非真"为单义句，此时，言之为真或非真的语句便成了命题，故而上述导出矛盾的推理就是合乎逻辑的。由于"'本语句非真'为单义句"是命题，由它又必然导出矛盾，故有它是假的，亦即"本语句非真"实际上乃是多义句。这当然意味着，该"悖论"中的语句A——"'本语句非真'为真"亦为多义句。

再如，我们可假设罗素集存在，此时说它以自身为元素与否的语句便成了命题，故而上述导出矛盾的推理就成了合乎逻辑的。由于"罗素集存在"是命题，由它又必然导出矛盾，故有它为假，亦即罗素集不存在。依据弗雷格的预设理论(以及我们的直觉)，断言一个根本不存在的东西有无某种性质的语句根本谈不上真假，亦即是非真非假的。这自然意味着，该"悖论"中的语句A——"罗素集以自身为元素"实际上乃是非真非假的单义句。

3. 由"悖论"到$A \wedge \sim A$的推理不合逻辑

我们已经看到，由"悖论"到$A \wedge \sim A$的推理两次用到了反证法，因此，我们只消指出，那里误用了反证法即可得出本节的结论。

简言之，反证法无非是说，若从任一命题A(以及若干真命题)可以合乎逻辑地推出一命题B及其否定之合取(亦即$B \wedge \sim B$)，即可推得命题A之否定($\sim A$)。

反证法的依据之一为演绎推理的可靠性，亦即由真命题合乎逻辑地推出的命题必为真。依据之二为矛盾律，亦即对任一命题A而言，$A \wedge \sim A$恒为假。依据以上两条，即可断言，反证法推理中之诸前提必不同时为真，于是只能是A非真。由于A为命题，再依据排中律，即有A为假，于是便有$\sim A$。由此可见，反证法仅仅适用于命题，而未必适用于非命题语句。事实上，若A为多义句，由于其语义不明确，施推理于其上即为逻辑之误用，反证法必不适用。若A为非真非假的单义句，设其为真固无不可，但推出

矛盾之后只能断言它不是真的，却绝对不能断言它是假的(此时排中律业已失效)，更不能进而推得～A(事实上它与 A 一样是非真非假的)，反证法亦不适用。

依据上述结论以及上一节的结果即可断言，由“悖论”到“矛盾”的推理误用了反证法，根本就不合逻辑。

4. 结　语

现在我们可以说，由“悖论”并不能合乎逻辑地推出一命题及其否定之合取，而是仅能不合逻辑地推出一非命题语句及其否定之合取，换言之，“悖论”并不包含矛盾。

那么，导致这种错误认识的原因究竟何在呢？归根结底，就是把“悖论”中的非命题语句 A 误认作命题了。显然，这将进一步导致逻辑的误用，以及视“A∧～A”为矛盾。

如此说来，并不是“悖论”包含什么矛盾，而是我们对“悖论”语句之性质的主观认识与客观实际相矛盾。

（张铁声）

注　释

[1]参见张建军《悖论是一种特殊的逻辑矛盾》、《再论悖论是一种特殊的逻辑矛盾》以及黄展骥《悖论内含什么“矛盾”?》，载于二人合著之《矛盾与悖论新论》，河北教育出版社 1998 年版。

[2]据金岳霖先生主编之《形式逻辑》，两判断若满足：如果其中一个是真的，那么另一个就是假的，并且，如果其中一个是假的，那么另一个就是真的，则称这两个判断之间的真假关系为矛盾关系(第 83 页)。所谓两个判断是互相矛盾的，无非是说它们之间的真假关系是矛盾关系(第 270 页)。所谓一个思想包含逻辑矛盾，则是指它同时断定了两个互相矛盾的判断，亦即两个真假关系为矛盾关系的判断(第 271 页)。我们这里对所谓"悖论"包含矛盾的理解，与金先生的提法就实质而言是一致的。

[3]参见张铁声《从“悖论”到新奇的真理——论消解“悖论”的一般方法》，《晋阳学刊》2000 年第 3 期。

27 从“悖论”到新奇的真理

——论消解“悖论”的一般方法

1.引　言

诸多世界一流的思想家之所以致力于消解“悖论”,乃是因为此事事关重大。简言之,其意义主要有二:一曰捍卫逻辑(乃至人类理性)的可靠性,二曰由此发现新的真理。事实上,也只有发现了新的真理,才能真正消解“悖论”,从而捍卫逻辑的可靠性。在这个意义上可以说,消解”悖论”的一般方法实际上主要是由“悖论”求新知的一般方法。

著名逻辑学家哈特洞见及此,提出了一个堪称真知灼见的构想:

“要解决一个悖论,只有用归谬法把它变成一个证明,证明某种新奇的真理。”[1]

然而,这个构想尽管十分深刻,却因具体细节之阙如而难以付诸实施。从这个意义上说,它还达不到消解“悖论”的一般方法的要求。也正因为如此,“悖论”之消解迄今仍为一大难题。我们知道,总得先有一个命题,尔后才谈得上用归谬法来证明它。哈特仅提出应将“悖论”纳入一个归谬法证明,用以证明某种新奇的真理,却没有进而给出推测这种新奇真理的方法,这就使得这一构想在应用的可行性乃至理论的完整性上都不能不打折扣。事实上,真

正的难点也许并不在于想到把“悖论”纳入一个归谬法证明，而在于事先推测出那个真理。由此自然引出这样的问题：究竟有没有推测这种新奇真理的方法？近来的研究进展表明，这种方法是存在的，并且其根基正在于弗雷格开创的预设理论。

2. 预设理论之要点

依照预设理论，并非每一个语句（陈述句）都是命题，语句若不满足某些必要的条件便不成其为命题。描述一个语句成为命题之必要条件的语句即为该语句之预设。

预设的一个常见定义是：语句 A 是语句 B 的预设（或者语句 B 预设语句 A），当且仅当：

(1) $B \rightarrow A$

(2) $\sim B \rightarrow A$

其中，“$\rightarrow$”系指意涵(entail)[2]。

依此定义显然有，语句 B 的预设都是其否定～B 的预设，反之亦然。换言之，B 与～B 之预设集全同。

不难看出，如果 A 是 B 的预设，必有：

$B \vee \sim B \rightarrow A$

这表明，如果 A 不是真的，则 B∨～B 便不是真的，亦即 B 绝不会是命题（要么为真要么为假的单义句）。由此可见，一个语句的预设实质上便是描述该语句为命题之必要条件的语句。反之，描述 B 为命题之必要条件的语句亦必为 B 的预设。这是因为，由 B∨～B 可推知 B 为命题，而由 B 为命题又可推知任一描述其为命题之必要条件的语句。这表明，描述 B 为命题之必要条件的语句亦必为 B 的预设。简言之，B 的预设与描述 B 为命题之必要条件的语句乃是同一个东西。

预设可依照其内容分为存在预设、种类预设、事实预设等。其中，发现最早也与本文关系最为密切的是存在预设，亦即断言某种

事物存在的预设。依照弗雷格的见解,言说某个个体具有某种性质(不包括“存在”、“不存在”这类“性质”——笔者注)的语句均预设了言说该个体存在的语句[3]。例如,“那位1998年的法国国王是秃子”便预设了“1998年法国有且只有一位国王”。显然,后者乃是使前者成其为命题的必要条件。

3. 悖论的定义与“悖论”之消解

什么是悖论?严格地说,一语句A与～A之间或者A为真与A为假之间的互推若同时满足:

(1)A为命题

(2)推理规则正确

则称其为悖论。显然,任何一个真正意义上的悖论都足以否定逻辑的可靠性。

附带说一句,也有称符合上述条件的语句A为悖论的。不过,就悖论之存在性以及“悖论”之消解等主要问题而言,这种定义上的差异显然是非实质性的。

可以证明,根本就不存在什么真正意义上的悖论。

让我们先证,任一语句A与～A之间的互推都不可能同时满足(1)、(2)。

不妨假设有一语句A与～A之间的互推同时满足(1)、(2)。由(1)可知,A与～A必为一真一假。由(1)、(2)可知,此互推是将正确的推理规则用在了正确的对象——命题上,故合乎逻辑,由反证法即有,A与～A都是假的,矛盾,证毕。

同理可证,任一语句A为真与A为假之间的互推也不可能同时满足(1)、(2)。

不妨假设有一A为真与A为假之间的互推同时满足(1)、(2)。由(1)可知,A为真与A为假必为一真一假。由(1)、(2)可知,此互推是将正确的推理规则用在了正确的对象——命题上,故

合乎逻辑,由反证法即有,A 为真与 A 为假都是假的,矛盾,证毕。

综合以上结果便有,任一语句 A 与～A 之间以及 A 为真与 A 为假之间的互推都不可能同时满足(1)、(2)。这表明,根本就不存在什么真正意义上的悖论。

上述结论表明,现在仍被称为"悖论"的东西实际上都不是真正意义上的悖论,而只能说是"悖论"。所谓消解一个"悖论"亦即给出否定其为悖论的理由。仔细分析一下便会发现,这些"悖论"均满足(2),亦即其所使用的推理规则都是正确的(否则也就不会令人如此困惑了),故而消解它们的办法惟有证明其所含语句不是命题一途。显然,为了做到这一点,只消求出 A 的一个预设,并且证明它是假的,亦即证明其否定是真的便可,而这恰恰就是哈特所谓的新奇的真理。

4. 消解"悖论"的一般方法及其实例

由上一节的讨论可知,欲消解一个推理规则并无错误的"悖论",只消求得其所含语句 A 的一个预设并否证之。此法可用以消解任一"语义悖论"和"集合论悖论",限于篇幅,仅举以下几个典型例子。

A. "强化的说谎者悖论"

此"悖论"被视为最难消解的悖论,有"语义学黑洞"之称:

如果"本语句非真"为真,则有本语句非真,于是又有"本语句非真"非真;

如果"本语句非真"非真,则有本语句非真,于是又有"本语句非真"为真。

此互推属 A 与～A 之互推,其中,"'本语句非真'为真"即为 A。

先求该语句的一个预设。

"'本语句非真'为真"之含义实为"本语句非真"之语义为真,

这意味着,“本语句非真”有且只有一个语义,亦即该语句为单义句。

“‘本语句非真’为真”之否定——“‘本语句非真’非真”之含义实为“本语句非真”之语义非真,这意味着,“本语句非真”有且只有一个语义,亦即该语句为单义句。

由此可见,“本语句非真”为单义句即为“‘本语句非真’为真”的一个预设。

现在让我们否证这个预设,亦即证明其否定——该语句为多义句。

证明:

假设该语句不是多义句而是单义句。

于是便有,该语句要么为真要么非真。

在此假设下,言其为真与言其非真的语句便成了命题,这意味着,该“悖论”的两个推理均合乎逻辑,故可“移植”于此。由反证法易知,该语句即不是真的又不是非真的,矛盾,证毕。

既然“‘本语句非真’为真”的一个预设为假,它就不是命题,而所谓强化的说谎者悖论也就根本不是什么悖论。

“说谎者悖论”(“‘本语句为假’为真”与“‘本语句为假’为假”之互推)虽属 A 为真与 A 为假之互推,亦可仿此予以消解,兹不赘述。

B.“格雷林悖论”

将一形容词 a 代入“‘x’是 x”,如其为真,便说 a 是“自状的”,否则便说 a 是“非自状的”。例如,“中文的”是自状的,“英文的”是非自状的。现在考虑形容词“非自状的”本身究竟属于哪一种情况,于是便有:

如果“非自状的”是自状的,则有“‘非自状的’是非自状的”为真,于是便有,“非自状的”是非自状的;

如果“非自状的”是非自状的,则有“‘非自状的’是非自状的”

为真，于是又有，"非自状的"是自状的。

此互推实际上亦属 A 与～A 之互推，其中，"'非自状的'是自状的"即为 A。

先求该语句的一个预设。

依照定义，"'非自状的'是自状的"之含义为"'非自状的'是非自状的"为真，亦即"'非自状的'是非自状的"之语义为真，这意味着，该语句有且仅有一个语义，亦即该语句为单义句。

"'非自状的'是自状的"之否定——"'非自状的'不是自状的"之含义实际上就是"'非自状的'是非自状的"，依照定义，其含义实为"'非自状的'是非自状的"非真，亦即"'非自状的'是非自状的"之语义非真，这显然也意味着，该语句有且仅有一个语义，亦即该语句为单义句。

由此可见，"'非自状的'是非自状的"为单义句乃是"'非自状的'是自状的"之预设。

现在让我们来否证该预设，亦即证明其否定——"'非自状的'是非自状的"不是单义句而是多义句。

证明：

假设"'非自状的'是非自状的"为单义句。

此时便有，该语句要么为真要么非真。

这同时也意味着，言其为真的语句与言其非真的语句——"'非自状的'是自状的"以及"'非自状的'是非自状的"乃是取相反值的命题。因而，该"悖论"的两个推理均合乎逻辑，故可"移植"于此。由反证法易知，上述两个语句同时为假，矛盾，证毕。

既然"'非自状的'是自状的"的一个预设为假，它就不是命题，故而"格雷林悖论"也就根本不是什么悖论。

所谓"理查德悖论"亦可仿此予以消解。

C. "罗素悖论"

一集合要么以自身为元素，要么不以自身为元素。所谓"罗素

集”即所有不以自身为元素的集合之集合。现在考虑罗素集是否以自身为元素，于是便有：

如果罗素集以自身为元素，则有罗素集不以自身为元素；

如果罗素集不以自身为元素，又有罗素集以自身为元素。

此即所谓“罗素悖论”。

该“悖论”亦属 A 与～A 之互推，其中，“罗素集以自身为元素”即为 A。

先求“罗素集以自身为元素”的一个预设。

该语句及其否定——“罗素集不以自身为元素”显然都意味着罗素集存在，故“罗素集存在”即为该语句之预设。

现在让我们来否证这个预设，亦即证明其否定——“罗素集不存在”。

证明：

假设罗素集存在。

此时“罗素集以自身为元素”与“罗素集不以自身为元素”便为命题，且为一真一假。由于上述两个语句均为命题，该“悖论”的两个推理便合乎逻辑，故可移植于此。由反证法易知，这两个语句都是假的，矛盾，证毕。

既然“罗素集以自身为元素”的一个预设为假，它就不是命题，所谓“罗素悖论”也就根本不是什么真正意义上的悖论。

如前所述，推理规则正确的“悖论”所含之语句 A 绝不会是命题，所谓命题实即要么为真要么为假的单义句，故而语句 A 只能是多义句或者非真非假的单义句。正如我们所看到的，果不其然，典型“语义悖论”所含的语句 A 均为多义句，而诸如“罗素悖论”这样的“集合论悖论”所含的语句则为非真非假的单义句。

5. 关于“新奇的真理”

相对而言，罗素集之不存在是比较容易理解的。我们知道，给

出了一个词项的定义未必意味着真有与之对应的事物。例如，我们可以给出“方的圆”的定义，而事实上根本就没有什么“方的圆”，罗素集亦复如是。任一真正的集合均满足要么以其自身为元素要么不以其自身为元素，二者必居其一，而就所谓的“罗素集”而言则并非如此。由此可见，任何一个集合都不会是什么“罗素集”。换言之，“罗素集”并不指称一个集合，这也正是“罗素集”不存在的确切含义。

应当指出的是，弗雷格晚年业已意识到，“集合论悖论”是由于“存在一种用语言创造没有相应对象的专名的倾向”造成的。“我自己就被这种骗人的外表所愚弄，我企图把它们看作集合而给出数的逻辑基础。”[4]

相形之下，把导致“语义悖论”的语句（如“本语句非真”等）说成是多义句就不那么容易理解了，现仅以“本语句非真”为例略加说明。

“本语句非真”中的“本语句”系指该语句本身，由此可见，“本语句非真”实为“‘本语句非真’非真”之简略形式，二者异形而同义。同理，后者又为(((本语句非真)非真)非真)之简略形式，二者亦异形而同义。此种分析可一直进行下去，最后我们便会发现，“本语句非真”实为下面这个无穷嵌套的语句之简略形式：

(((……)非真)非真)非真

两者虽形式有异而语义并无不同。故欲说明前者为多义句，只消说明后者为多义句便可。

显然，我们可以把这个无穷嵌套的语句理解为是在说一个语句非真，而那个语句又是在说一个语句非真，如此等等，以至无穷。在这种情况下，它便是一个永远也说不完的、语义不完整的语句，故而只能是非真非假的，亦即克里普克所谓的“无根基的”。

现在我们想说它的这个语义非真，这个意思恰可用下式表达：

((((……)非真)非真)非真)非真

该式的此种含义显然为真。

现在在我们又想说，上式的该种语义非真，这个意思恰可用下式表达：

(((((……)非真)非真)非真)非真)非真

该式的此种含义显然为假。

此种分析过程可一直进行下去。

请注意，所有这些无穷嵌套的语句本质上乃是同一个语句！这表明，这一无穷嵌套的语句原来具有无穷多种语义，且在这一系列语义下分别取得唯一确定的真值(非真非假以及真与假的交替出现)。如此说来，说“本语句非真”是多义句就是完全可以理解的了。

进一步的分析表明，导致其他典型“语义悖论”的语句也确为多义句[5]。

6.“悖论”的推理合乎逻辑吗？

尽管这些“悖论”都不是真正意义上的悖论，然而，其中用到的推理规则却都是正确的推理规则，这意味着，这些推理都具有正确的推理形式。现在的问题是，这些推理到底合不合乎逻辑？

乍看上去，这个问题似乎有点古怪。这是因为，人们一般认为，凡是形式正确的推理都是合乎逻辑的。实际上，问题并非如此简单。

我们知道，逻辑实际上仅对命题——非真即假的单义句适用

而将多义句和非真非假的单义句排除在外。这意味着,施推理于非命题纯属逻辑之误用,根本不合逻辑。

我们已经看到,导致典型"语义悖论"的语句均为多义句,这就使得这些"悖论"的推理为多义句所充斥,故而尽管其推理规则正确,依然是不合逻辑的。

"罗素悖论"的推理与此不同,其前提不是多义句而是单义句。尽管如此,这样的单义句却仍然不是命题,故而其推理也不合乎(二值)逻辑。

7. 余　论

20 世纪中叶,克林(S. C. Kleene)曾经指出,迄今为止,尚无一人能够令人信服地指出悖论的推理中有何错误从而消解之[6]。现在我们可以说,典型"语义悖论"推理中的错误已经找到了,那就是施推理于多义句的错误,而"罗素悖论"等"集合论悖论"的推理同样也犯有施推理于非命题单义句的错误。

(张铁声)

参 考 文 献

[1]哈特:《罗素和兰姆塞》,第 196 页,转引自杨熙龄著《奇异的循环——逻辑悖论探析》,辽宁人民出版社 1986 年版,第 40 页。

[2][3]周礼全主编:《逻辑——正确思维和成功交际的理论》,人民出版社 1994 年版,第 458、454 页。

[4]汉斯·D. 斯鲁格:《弗雷格》,中国社会科学出版社 1989 年版,第 364 页。

[5]张铁声:《一类"语义悖论"之消解——作为自我否定句的"语义悖论"》,《山西师大学报》1998 年第 3 期。

[6]杨熙龄:《悖论文献访求漫记》,复印报刊资料《逻辑》1985 年第 1 期。

28 逻辑:沙滩上的象牙塔?

——关于逻辑自身的“循环论证”问题

1.问题的提出

逻辑适用于研究任何对象,自然也适用于研究它自身。用逻辑研究其他对象非但不会引起非议,反倒会被认为是必要的。然而,用逻辑研究逻辑本身就会导致如下责难:这样做难道不是在循环论证吗?事实上,只有在预先设定了逻辑的无矛盾性和可靠性的情况下,才有可能去论证逻辑的无矛盾性和可靠性。

卡汉在《逻辑和哲学》一书中就曾指出:“有些哲学家对于建造公理系统认为无多大意义。其原因之一是,建造一个公理系统(至少是就逻辑的公理系统而论)包含着某种程度的恶性循环。就拿谓词逻辑的一个公理系统为例。假定我们要证明这个系统无矛盾,困难是这种无矛盾证明(在元语言中)不可避免地要使用那些‘推理工具’(如假言推理规则),但这些工具是系统自身的推导规则。所以如果这些‘推理工具’本身是无矛盾的,那么证明对象语言的系统无矛盾是有价值的。但是如果它们是矛盾的呢,那么这种证明就没有价值了。因此提出一个无矛盾证明,事情并没有取得任何进展,因为我们事先得相信这些推理规则是无矛盾的,再用它们来证明无矛盾,从而又证明这些规则本身无矛盾。对于系统中的公理来说,也同样如此。所以我们应该说,先假定推理规则和

公理无矛盾，才能证明包含它们的系统无矛盾。”[1]

事实上，意大利逻辑学家列维早在 1908 年就断言：“要证明逻辑法则的无矛盾性，是不可能的。”他的理由是，要证明逻辑法则无矛盾，就不能不运用这些未经证明为无矛盾的逻辑法则进行证明。换言之，这样的证明势必陷入恶性循环[2]。

值得注意的是，著名逻辑学家莫绍揆先生也曾谈及这一问题。不同之处在于，他给出了一个令人稍感宽慰的回答：“布尔既然用代数的方式来改造逻辑，而且使用数学的方法来推导，这里便出现了一个很大的问题。原来，数学的推导是根据逻辑的规律而推导的，这在数学是没有毛病的，数学本来便是先承认逻辑规律然后才推导的。但现在布尔使用数学方式来推导逻辑，那便等于根据逻辑规律来推出逻辑规律。”“人们会问：如果你承认逻辑规律，那么你还推导它们作什么？如果你不承认逻辑规律，那么你为什么根据它而推导呢？根据不承认的规律而推导，这种推导有什么价值呢？”“很明显，布尔犯了循环论证的毛病。补救这个毛病的是德国数学家弗雷格。他只采用了一些极简单的、极机械的规律（这些规律已经几乎没有任何推导的气味了），以及一些极简单、极明了的公理，从这些公理出发，根据所采用的极机械的规律而推出整个逻辑来，因此对弗雷格说来，就没有循环论证的毛病了。”[3]

虽说如此，问题似乎并没有从根本上解决。要证明逻辑的可靠性，似乎毕竟只能依赖逻辑的可靠性，即便是弗雷格本人也不能例外。因而，即使我们给出了极其严格的证明，似乎也不能据此断言，逻辑是绝对地、无条件地可靠的，而只能说，当且仅当逻辑具有可靠性时，逻辑才具有可靠性。这听上去犹如什么都没说的同义反复（亦即维特根斯坦所谓的重言式）。如此说来，我们似乎仍然摆脱不了恶性循环。

一个仿佛会带来一线光明的想法是，我们可以象区分对象语言和元语言那样区分对象逻辑和元逻辑。在证明对象逻辑的无矛

盾性和可靠性时，我们所依赖的并不是对象逻辑本身的无矛盾性和可靠性，而只不过是元逻辑的无矛盾性和可靠性。于是，所谓“循环论证”就只不过是人类理性的一场噩梦而已。

令人遗憾的是，上述说法是不能自圆其说的。这是因为，从本质上说，对象逻辑只不过是元逻辑的子系统而已，元逻辑的无矛盾性和可靠性已然隐含着对象逻辑的无矛盾性和可靠性。如此看来，我们依旧摆脱不了恶性循环的阴影。

于是，我们便不得不面对这样一个严峻的诘难：逻辑难道不是建立在循环论证沙滩上的象牙之塔吗？

2. 逻辑与演绎推理

为了回答这一诘难，就必须对上述论证的一个潜在的前提提出质疑，这个前提就是，从本质上说，人只能基于逻辑的形式化推理规则来进行演绎推理。

在这里，我们实际上面对的并不仅仅是逻辑，而是两种对象：(演绎)逻辑与(人的)演绎推理。作为理论体系的逻辑，其宗旨就在于给出有效的推理形式或曰有效的形式化推理规则。换言之，为了建立一个逻辑体系，就得给出特定的形式化推理规则集合，并进而证明它们是有效的。毫无疑问，这一切都是人的思维的产物，并且演绎推理又是不可或缺的。问题在于，演绎推理毕竟是先于逻辑的。也就是说，即使没有逻辑或者根本没学过逻辑，人也拥有一种“天然的”演绎推理机制，尽管在有了逻辑并学习了逻辑之后人们是可以依据逻辑给出的推理规则进行演绎推理的。关于这种“天然的”演绎推理，日本学者泽田允茂在《哲学和逻辑学》一文中曾有所提及，“人类的逻辑(数学)思维的最初步的、基本的部分，可以说是自动地正确地学来的，是自然地正确地被运用的。”[4]德国逻辑学家格·克劳斯在《形式逻辑导论》一书中也曾指出：“逻辑思维是现实存在的事实，不管合乎逻辑地思维着的人们有没有学过

逻辑学，它都在发挥作用。人们在社会活动中学会了形成概念，作出判断，进行推论。他们自发地、不自觉地、但是大体上正确地运用着逻辑思维。"[5]为简便计，如不特别指明，以下所称的"演绎推理"将特指人的这种天然的演绎推理。显然，如果这种演绎推理也是基于形式化推理规则的，那么，上述诘难就是有道理的。反之，如果这种演绎推理并不是基于形式化推理规则的，而是基于与之判然有别的另一种机制，我们就完全有理由对这一诘难做出否定的回答：逻辑完全可以基于这种演绎推理建立起来，根本就不会陷于什么恶性循环。

应当指出的是，这里采取的将"演绎逻辑"与"演绎推理"对举的做法也正是认知科学中业已通行的做法。依照《MIT 认知科学百科全书》"演绎推理"条，演绎推理乃是认知心理学的一个分支，它研究的是人对于陈述间特定关系的认识能力，而演绎逻辑则是哲学和数学的分支，它所研究的恰是陈述间的同一种关系。这种关系即所谓推出关系(entailment)，它存在于一组陈述(前提)与另一个进一步的陈述(结论)之间，如若所有前提为真结论亦必然为真的话[6]。实际上，认知心理学中所研究的演绎推理主要还是上述意义上的那种"天然的"演绎推理。

3. 循环论证说的根源：心理主义与弱心理主义

所谓心理主义主张，逻辑之根基在于心理学，逻辑的研究对象实质上就是人的正确思维的规律，更确切地说，也就是人的演绎推理的规律。正如施太格缪勒所指出的："胡塞尔所谓的心理主义的立场主张，逻辑是正确思维的工艺学，逻辑法则是通过经验－心理分析所获得的有关我们思维实在的法则……"[7]于是，在心理主义(其代表人物有大名鼎鼎的穆勒和布伦塔诺等等)看来，人的演绎推理所遵循的只能是逻辑给出的有效推理规则。这样，我们就多少有些意外地发现，心理主义原来还有这样一个潜在的致命缺

陷，那就是它会使逻辑自身陷于恶性循环。

主要是由于弗雷格和胡塞尔的有力批判，心理主义业已彻底宣告破产。然而，一种也许可以称之为"弱心理主义"的观点却依然存在。我们很快就会看到，与心理主义一样，弱心理主义也会导致逻辑自身的循环论证说。

所谓弱心理主义承认逻辑是一门完全独立于心理学的学科而不是其"附属品"，并且逻辑的有效推理规则也并不就是人的演绎推理的经验规律，然而它却主张，人的演绎推理是基于推理规则的，并且这种规则还恰好与逻辑给出的有效推理规则暗合。

持有弱心理主义观点的学者为数不少。例如，在我们看来，皮亚杰、卡尔纳普和著名逻辑学家胡世华先生的观点似乎便可归入弱心理主义：

"皮亚杰甚至走得更远，他仅研究逻辑问题，而且认为'发达的'(developed)人是借助逻辑原理进行推理的。皮亚杰曾说过：'推理不是别的，就是命题演算。'"[8]

语言学的逻辑真理论主张，人是在学习语言中学习逻辑的。"卡尔纳普在他语言学的逻辑真理论中，把语言说成是形式演绎系统的类似物：其中有形成规则与变形规则。形成规则给出语法与辞典，它们是形式演绎系统中用来确定系统的记法(车尔赤所称合式公式规则的类似物)。变形规则给出逻辑真语句(以及数学真语句，实际上即一般的分析真语句)。它们是形式演绎系统的公理与推演规则的类似物。""卡尔纳普把语言对形式演绎系统的类似只看作是类似，而且承认变形规则与形成规则在学习本族语的人的思想中都不是清楚明白的。"[9]

胡世华先生则认为："完全性定理从逻辑学的角度看来，就是科学地论证了：采用现代数学方法和数学语言来刻划的全体'演绎推理规律'恰好就是人们在思维中所用的演绎推理规律的全体，不多也不少！"[10]

不难看出，尽管弱心理主义赋予逻辑以独立于心理学的地位并因而有别于心理主义，但两者对人的演绎推理之信息加工方式的看法却是一致的，那就是，人的演绎推理是基于逻辑的形式推理规则或其等价物进行的。于是，依照这种改良的心理主义，有关逻辑体系的无矛盾性与可靠性的论证依旧会陷于恶性循环之中。

4. 循环论证说之消解：非逻辑的演绎推理

不难看出，当且仅当人的演绎推理是以一种非逻辑的方式实现的，亦即并非以基于形式推理规则的方式实现，逻辑才能摆脱循环论证的噩梦。

尽管并不是为了回答如此尖锐的问题，许多思想家还是对这种非逻辑的演绎推理的可能性做过暗示。例如：

形式逻辑的鼻祖亚里士多德就曾说过："现在，我们已经在《论灵魂》一文中讨论了想象力，并得出结论说：没有意象便不可能思维。"[11]

笛卡尔在《探求真理的指导原则》一书中也曾写道："当演绎是简单而一目了然的时候，我们用直观就可得知"，"单纯演绎从一事物到另一事物，是用直观作出的"[12]。

柏格森说："我们从演绎机能说起。我追踪空间里一个形体的运动，同样也生成了它的一些属性：在这个运动当中，它们是可见的和可以触及的；在空间里，我感觉并看到了定义与其结果的关系，感觉并看到了前提与结论的关系。""由此可见，演绎推理若没有空间直觉为后盾，便寸步难行。"[13]

维特根斯坦则断言："命题是现实的形象，因为只要我们理解这个命题，则我就能够知道它所叙述的情况。而无须把它的意思向我解释清楚，我就能够理解命题。" "命题表明自己的意思。""命题表明事情是怎样的，如果它是真的话。并且它说明事情是这样的。""如果 p 是从 q 得出来的，则我能够从 q 作出对 p 的推断；从 q

推演出 p。""推论的方法唯有从两个命题中才能理解。""只有它们本身才能证明推论为正确。""如在弗雷格和罗素那里证明推论为正确的'推演律'(Sohlussgesetze),是没有意思的,因而是多余的。"[14]

随着认知科学的兴起,关于非逻辑的演绎推理更是进入到了实证研究的新阶段,并取得了一些令人振奋的成果。

美国心理学家贝斯特(John B. Best)在1998年出版的教科书《认知心理学》中就着重强调了非逻辑的演绎推理的研究进展:"那么,该如何解释人类自然出现的推理呢? ……有关逻辑学的经验告诉我们,人们在直观上没有必要遵循逻辑,但是现实世界的经验表明,人们却不是错误的推理者。这个证据说明,人们可能使用其他某种(非逻辑的)推理系统来产生现实生活中非常有用的正确结论。"[15]

在我们看来,最为引人注目的有关成果当推英国著名认知科学家约翰逊－莱尔德(P. N. Johnson－Laird)提出的心理模型说。在他看来,人类按照推理格式或其变种(如欧拉图或文恩图)解决问题仅仅在原则上是可行的,因为这要求人类具有无限的记忆容量并掌握一套十分复杂的数学符号,但即使是大学生中的天才也无法掌握和运用这些方法,"现行理论要承担人类推理的重负是过于脆弱了。"他认为,人们在解决问题时并未采用"心理逻辑",逻辑学家描述的种种逻辑与普通人并不相干,我们并没有构造真值表或使用一本正经的推论规则。他大胆推测,可能存在一种没有逻辑的推理,并试图说明,人在不采用"符号算法"的情况下,是可以采取某种方式,以不那么明确的方式遵循形式逻辑的法则的。[16]

近来,约翰逊－莱尔德在为《MIT 认知科学百科全书》的心理模型条中简明扼要地阐述了他的理论[17]。

据约翰逊－莱尔德说,是苏格兰心理学家科瑞克(Kenneth Craik)(1943)第一个将心理模型假定为真实的、假设的或者想象

的情境的心理表示的。科瑞克写道,心灵建构事实的“小规模模型”以预见事件、进行推论和构成解释的基础。心理模型作为知觉、言谈理解或者想象的结果被建构于工作记忆中。一个至关重要的特性是,它们的结构对应于它们所表示的事物的结构。因此,心理模型类似于建筑师的建筑模型和化学家的复杂分子模型。

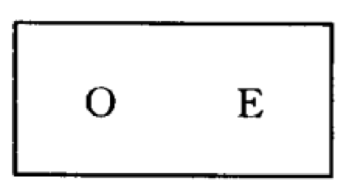
心理模型的结构与另一种心理表示形成对照。试考虑如下断言:

三角形位于圆圈右边。

其意义可以以命题表示的方式在心灵中编码,例如:

(位于右边 三角形 圆圈)

这一表示的结构是依据句法的,依赖于支配思想语言的惯例:谓词“位于右边”居于其主词“三角形”和其宾词“圆圈”之前。与此形成对照的是,为这一断言所描述的情境可用一个心理模型表示为:



这一表示的结构是空间性的:它与两个对象间的实际空间关系同构。该模型抓住了为任何一个有一三角形位于一圆圈右边的情境所共有的东西。尽管它并不表示其间的距离或者诸如此类的东西,记号的形状和大小也可予以修正以便顾及随后的信息。心理模型似乎构成了视觉意象(visual imagery)的基础。然而,与映象(image)不同,它们能够表示三维(如在“心理旋转”实验中所发生的那样),否定和其他抽象概念。源于言说之命题表示的模型的建构乃是理解过程以及关系到同一存在的不同表达方式之建立过程

的组成部分。人们业已详细地研究过这一过程的发生方式 。

如果心理模型是感知与理解的最终结果，它们便能够成为推理的基础。个体用它们明确地表达结论，并通过检查前提的其他模型是否反驳它们来检验这些结论的可靠程度。这个理论乃是那种认为演绎推理依赖于类似逻辑演算规则之形式推理规则的观点之可供选择的替代物。这两种理论间的差别对应于逻辑学中基于形式规则的证明论方法与基于比方说真值表的模型论方法。哪一种心理学理论提供了人的推理的更好说明是有争议的，但心理模型有很多优点。它们提供了一个演绎推理、概率推理以及模态推理的统一说明。如果一个结论在其所有前提的模型中都成立，人们就推断该结论是必然的——一定是真的；如果它在其大部分前提的模型中成立，就推断它是很可能的——很有可能是真的；如果它至少在其前提的模型之一中成立，就推断它是可能的——也许是真的。因此如下断言——

有一个圆圈或者有一个三角形或者两者兼而有之

就产生了三个模型，其中每一个都对应于一个使其为真的可能情况，可分行表示如下：

O	
	△
O	△

模态结论——

可能有一个圆圈和一个三角形

可以由该断言得出，因为它为第三个模型所支持。实验表明，为一个推理所需要的模型越多，推理所花时间便越长，并且更有可能出

错。模型还有可以用作假定的结论之反例的优点——一种胜过人工智能研究者在逻辑推理系统中使用的形式推理规则的优点。

心理模型明确表示什么是真的,而不明确表示什么是假的(见上述析取模型)。这一原理的意想不到的结果是,存在着几乎每一人都屈从的"错觉推理"。试考虑下述问题:

关于一手特定的纸牌只有一个断言是真的:
有一张K或者一张A,或者两者兼有。
有一张Q或者一张A,或者两者兼有。
有一张J或者一张10,或者两者兼有。
这手牌中可能有A吗?

几乎每个人都回答"是"。然而这个回答却是个谬误。如果有一张A在手,就会有两个断言是真的,这便与题中所给——断言中仅有一个为真相抵触。这一错觉之所以发生,是因为个体的心理模型表示的是,就每一个前提而言什么是真的,而不表示就两个前提而言什么会随之而假。各种诸如此类的错觉出现在推理的所有主要领域。通过使假的东西更加显而易见,便可减少此种错觉。

心理模型这个术语有时也被用于指称长时记忆中的一组知识,它们与推理中所使用的模型可能具有同类结构。心理学家已经研究了诸如便携计算器、太阳系以及电流这类物理系统的心理模型 。他们研究了儿童是如何产生这样的模型的,如何设计易于获得模型的人工制品和计算机系统,以及一个领域的模型如何可在另一领域用于类比。类似地,人工智能研究者也已开发出使"常识性"推理成为可能的物理系统的定性模型。对短时过程诸如视觉和推理或者长时经验所致现象的理解似乎都依赖于心理模型之建构。一个模型嵌入另一模型也许在元表示和意识中起着关键性的作用。

加德纳曾评论说:“如果约翰逊-莱尔德等人的观点是正确的,那么,逻辑学家提出的、皮亚杰等研究者曾援引的种种原则运用于人类在现实世界中的推理时,就只具有有限的准确性。显然,我们属于这样一种生物,当任务包含熟悉的成分,比较容易建立和操纵心理模型时,就最有可能获得成功。纯逻辑——一个在我们的生存机制诞生以后很久才发展起来的领域——的考虑对某些个体、某些信息,在某种情形下也许是有用的,但逻辑不能成为大多数个体在大多数情况下解决大多数问题的可靠模型。”[18]

这样,我们看到,认知科学的研究成果表明,人的演绎推理很可能具有非逻辑的而不是逻辑的信息加工机制,这种非逻辑的演绎推理之关键环节之一便是建构与前提所描述的事态同构的模型。由此我们似乎便可理解,为什么威兹德姆要强调,演绎乃是基于相似性的,为什么象维特根斯坦、艾耶尔和西蒙这些深刻的思想家都相信具有无上智慧的存在者会不必借助演绎一眼就从前提看到结论了。实际上,这种无上的智慧只不过是人的智慧的放大了的投影而已。如果事实的确如此,那么,一直困扰人们的逻辑自身的循环论证疑难也就迎刃而解了。

5.余 论

在这里,仿佛出现了向心理主义的回归——逻辑最终仍需求助于心理学。然而,这仅仅是一种错觉而已。这是因为,这种观点反倒进一步强化了反心理主义的立场,亦即逻辑是独立于心理学的,逻辑给出的规则并不是人的演绎推理的心理规律。它只不过表明,逻辑哲学需要借助心理学处理逻辑自身提出的某些哲学问题,譬如,逻辑自身的循环论证问题。

最后,我们仅想指出,依照我们此前的约定,上面提到的演绎推理系指人的“天然的”演绎推理。要是我们在更为宽泛的或者说一般的意义上谈论演绎推理,那么,就可以将其区分为两类:逻辑

的演绎推理与非逻辑的演绎推理。前者依据的是形式化推理规则,属于"纯粹的"抽象思维,而后者则主要依据形象化的同构模型,实质上属于必然性形象思维。当然,作为必然性推理,这两种演绎推理又遵循着一个统一的原理,那就是,模型(包括"抽象的"与"形象的")与事实的同构将为子模型与相应子事实的同构提供可靠保证。[19]

(张铁声)

参考文献

[1][2]杨熙龄,《奇异的循环——逻辑悖论探析》,辽宁人民出版社,1986 年版,第 142 页。

[3]莫绍揆,《漫话数理逻辑》,《群众论丛》1980 年第 2 期,《逻辑》1980 年第 5 期。

[4]泽田允茂,《哲学和逻辑学》,载于末木刚博等著《现代逻辑学问题》,中国人民大学出版社,1983 年版,第 84 页。

[5]格·克劳斯,《形式逻辑导论》,上海译文出版社,1981 年版,第 42 页。

[6][17]Robert A. Wilson & Frank C. Keil 主编, MIT 认知科学百科全书, 上海外语教育出版社, 2000 年英文版。

[7]施太格缪勒,《当代哲学主流》(上册),商务印书馆,1989 年版,第 86 页。

[8][11][16][18]霍华德·加德纳,《心灵的新科学(续)》,辽宁教育出版社,1991 年版,第 229、179、232、241－242 页。

[9]蒯因(奎因),《逻辑哲学》,生活·读书·新知三联出版社,1991 年版,第 188 页。

[10]胡世华,《作为现代逻辑的数理逻辑》,载于哲学研究编辑部编《逻辑学文集》,吉林人民出版社,1979 年版,第 12 页。转引自弓肇祥《真理理论》,社会科学文献出版社 1999 年版,第 289 页。

[12]笛卡尔,《探求真理的指导原则》,商务印书馆,1991 年版,第 50 页。

[13]柏格森,《创造进化论》,华夏出版社,2000 年版,第 181、183 页。

[14]维特根斯坦,《逻辑哲学论》,商务印书馆,1985 年版,4.021,4.022,5.132。

[15]John B. Best,黄希庭主译,《认知心理学》,中国轻工业出版社,2000 年版,第 13 页。
[19]张铁声,《相似论——相似·同构·认知》,江苏科技出版社,1995 年版,第八章——必然性形象思维与同构。

张光鉴主要著述目录

(1) 相似论——探讨相似在科学技术和思维发展过程中的作用与规律,《思维科学》1985 年第 1 期

(2) 论相似性形象思维在科学发现中的作用,《思维科学》1985 年第 4 期

(3) 论相似性形象思维在文学艺术创作中的作用,《思维科学》1986 年第 2 期

(4) 一个类比推理的认知模型,合著,《思维科学》1986 年第 4 期

(5) 从泛化到基于相似匹配的产生式系统,合著,《思维科学》1987 年第 3 期

(6) A Cognitive Model of Analogous Inference,合著,第 8 届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会,莫斯科大学,1987

(7) 试论创造性思维,《思维科学》1988 年第 2 期

(8) 从相似论的观点看相似性研究的哲学意义,合著,《思维科学》1988 年第 3 期

(9) 试论相似性在学习中的重要作用,《教育与学习研究》1990 年第 4 期

(10) 作为单一学科的认知科学:认知学,英文摘要,合著,第 9 届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会,瑞典乌普萨拉大学,1991

(11) 逻辑与想象的统一:基于相似匹配的产生式系统,英文摘要,合著,第 9 届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会,瑞典乌普

萨拉大学,1991

(12) 相似论,江苏科学技术出版社,合著,1992

(13) 相似论与释义学、现象学,合著,《晋阳学刊》1992年第2期

(14) 相似·速算式三算·链式快速记忆,合著,江苏科学技术出版社,1994

(15) 智能系统的同构原理,英文摘要,合著,第10届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会,意大利佛罗伦萨,1995

(16) 探讨机械制造工业改革与相似论的关系,合著,《21世纪科学技术发展与兴晋战略研究——科学技术面向新世纪学术年会论文集》,1998;《成组技术与生产现代化——中国机械工程学会成组技术分会第七届年会论文集》,1999

(17) 相似性原理与科学教育,《现代特殊教育》1999年第1期

(18) 内隐认知的快速通道,《现代特殊教育》1999年第2期

(19) 相似论在预测决策中的作用,中国软科学大会论文,1999

(20) 相似性思维在隐性认知中的作用,香山科学会议第111次会议

(21) 相似性原理在直觉产生中的作用,香山科学会议第111次会议

(22) 科学教育与相似论,合著,江苏科学技术出版社,2000

(23) 脑科学、相似论与学生素质培养,《教育理论与实践》2001年第11期

张铁声主要著述目录

(1) 顿悟思维初探,《思维科学探索》,山西人民出版社,1985
(2) 思维科学札记,《思维科学》1985 年第 2 期
(3) 诺贝尔奖金获得者 H. A. 西蒙应邀在山西讲学,《思维科学》1985 年第 3 期
(4) H. A. 西蒙教授在思维科学学术座谈会上的谈话,《思维科学》1985 年第 4 期
(5) 逻辑不是思维规律,《自学》1985 年第 8 期
(6) 人的认知程序,《思维科学》1986 年第 2 期
(7) 一个类比推理的认知模型,合著,《思维科学》1986 年第 4 期
(8) 从泛化到基于相似匹配的产生式系统,合著,《思维科学》1987 年第 3 期
(9) 论或然推理的符号形式,《思维科学》1987 年第 4 期
(10) A Cognitive Model of Analogous Inference,合著,第 8 届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会,莫斯科大学,1987
(11) 从相似论的观点看相似性研究的哲学意义,合著,《思维科学》1988 年第 3 期
(12) 兼容多种编码的中文输入系统的优化设计问题,1990 年中文与东方语言计算机处理国际会议论文集
(13) 作为单一学科的认知科学:认知学,英文摘要,合著,第 9 届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会,瑞典乌普萨拉大学,1991

(14) 逻辑与想象的统一:基于相似匹配的产生式系统,英文摘要,合著,第 9 届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会,瑞典乌普萨拉大学,1991
(15) 从认知科学到认知学,《晋阳学刊》1992 年第 2 期;人大复印资料《自然辩证法》1992 年第 4 期全文转载
(16) 认知科学的现状与新课题,编译,《科学技术与辩证法》1992 年第 2 期
(17) 相似论,合著,江苏科学技术出版社,1992
(18) 超凡入圣——天才启示录,北京燕山出版社,1993
(19) 必然性形象思维与同构,《晋阳学刊》1993 年第 2 期
(20) 一般智能系统的同构原理,《晋阳学刊》1994 年第 4 期
(21) 相似论——相似·同构·认知,江苏科技出版社,1995
(22) 基于相似性的探索是数学教学的重要途径,合著,《教育研究》1995 年第 11 期
(23) 演绎与必然性形象思维,《晋阳学刊》1995 年第 5 期;人大复印资料《逻辑》1996 年第 1 期全文转载
(24) 智能系统的同构原理,英文摘要,合著,第 10 届国际逻辑学、方法论和科学哲学大会,意大利佛罗伦萨,1995
(25) 大成智慧工程刍议,《科技与国力》1996 年 6 月号
(26) 社会思维学的研究重点与方法,《晋阳学刊》1996 年第 1 期;人大复印资料《新兴学科》1996 年第 2 期全文转载
(27) 通往休谟的逻辑阶梯,《晋阳学刊》1996 年第 5 期;人大复印资料《逻辑》1997 年第 1 期全文转载
(28) 数学表达式和演算的认知意义,《山西师大学报》1996 年第 3 期
(29) 从数理逻辑看形象思维学学科定位,《教学参考》1997 年第 2 期
(30) 胡塞尔与维特根斯坦,《山西师大学报》1997 年第 2 期;人大

复印资料《外国哲学》1997 年第 7 期全文转载
(31) 悖论非存在说,《晋阳学刊》1997 年第 2 期,人大复印资料《逻辑》1997 年第 3 期全文转载
(32) 解读维根士坦之图象论,《哲学与文化》(台湾)1997 年 6－7 期合刊
(33) 试论超前认识论与模型思维,合著,《超前认识论研究》,新华出版社,1997
(34) 现象学与认知科学,《学术论丛》1997 年第 6 期
(35) 一类"语义悖论"之消解,《山西师大学报》1998 年第 3 期
(36) 悖论的定义及其非存在性,《晋阳学刊》1998 年第 2 期
(37) "可定义性悖论"之消解,《学术论丛》1998 年第 3 期
(38) "典型语义悖论"之推理不合逻辑,《山西大学师范学院学报》1999 年第 3 期
(39) "语义学黑洞"之消解,《科学技术与辩证法》1999 年第 2 期;人大复印资料《逻辑》1999 年第 4 期全文转载
(40) 悖论非存在定理,哲学杂志(台湾)第 27 期,1999
(41) 塔斯基真理论中的几个疑点,《晋阳学刊》1999 年第 4 期
(42) 从"悖论"到新奇的真理,《晋阳学刊》2000 年第 3 期
(43) "说谎者悖论"的卢卡西维茨—塔斯基推导可靠吗?《百业先锋》,当代中国出版社,2000
(44) 逻辑:沙滩上的象牙塔?《晋阳学刊》2001 年第 4 期;人大复印资料《逻辑》2001 年第 5 期全文转载
(45) "语义悖论"之统一解,《哲学与文化》(台湾)323 期,2001
(46) 魏宁格与维特根斯坦,《中华读书报》《国际文化》2001 年 5 月 23 日
(47) 塔斯基真理论中的几个疑点,论文摘要,《中国优秀创新成果通报》,中华大百科出版社,2001
(48) 悖论的定义及其非存在性, 论文摘要,《中国优秀创新成果

通报》,中华大百科出版社,2001
(49) 一类语义悖论之消解，论文摘要,《中国优秀创新成果通报》,中华大百科出版社,2001
(50) 典型语义悖论之多义句本质,《自然辩证法研究》2002年第4期;人大复印资料《逻辑》2003年第1期全文转载。
(51) 透视说谎者怪圈——从一道奇特的数学难题说起,《云南社会科学》2002年第5期

后　　记

本书是张光鉴、张铁声 1985 – 2002 年的论文选，其中大部分文章均公开发表过，出处见附录，收入本书时略有改动。

2003 年 6 月于太原